



SKRIPSI - ME14 1501

Perencanaan Sistem Rope Stopper Di Capstan Untuk Tarik Ulur Tali Tambat Secara Otomatis

Rr. Dian Nuur Arina
NRP. 4212 106 004

Dosen Pembimbing
Irfan Syarif Arief, ST., MT.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - ME14 1501

***Designing Automatically System Rope
Stoper In Capsan For Pull Or Stalling
Wire Rope***

***Rr. Dian Nur Arina
NRP. 4212 106 004***

***Supervisors
Irfan Syarif Arief, ST., MT.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD***

***DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015***

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM ROPE STOPPER DI CAPSTAN UNTUK TARIK ULUR TALI TAMBAT SECARA OTOMATIS

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

RR. DIAN NUUR ARINA
NRP. 4212 106 004

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. *Irfan Syarief Arief, ST., MT.*



2. *Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD. (*

*)*

SURABAYA
Januari, 2015

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM ROPE STOPPER DI CAPSTAN UNTUK TARIK ULUR TALI TAMBAT SECARA OTOMATIS

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

RR. DIAN NUUR ARINA

NRP. 4212 106 004

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng.



SURABAYA
Januari, 2015

Perencanaan Sistem Rope Stopper Di Capstan Untuk Tarik Ulur Tali Tambat Secara Otomatis

Nama Mahasiswa : Rr. Dian Nuur Arina
NRP : 4212 106 004
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarief Arief , ST., MT.
2. Ir. Tony Bambang M, PGD.

ABSTRAK

Buoy yang ditambat di lepas pantai akan mengalami pembebanan dari kondisi lingkungan baik beban berupa arus, angin, dan pasang surut air yang ada di sekitarnya. Hal ini berakibat terhadap sistem tambatnya atau *mooring system*. Jika pada saat kondisi lingkungan sedang ekstrem, tidak menutup kemungkinan tali tambat yang ada akan terputus karena tidak dapat menahan beban tegangan yang ada, sehingga dapat membahayakan kapal – kapal yang ada disekitarnya. Langkah awal adalah proses perhitungan beban *mooring* dengan dimensi *buoy* berdiamater 6 m, tinggi 4 meter dan sarat air 2,5 meter dikondisikan dengan kondisi pasang surut dari kondisi normal sampai dengan tinggi pasang air laut 0,5;2,5;4,5;6,5;7,5 dan surut -1,5meter, sehingga didapatkan hasil tegangan *mooring* dalam kondisi ter-ekstrim yaitu 50,73kN dengan sudut 80° pengaruh tekanan dari arus dan angin yang ada di daerah sekitar. Langkah selanjutnya merancang dimensi drum sebagai penggulung dari *wire rope*, setelah itu menghitung power dari motor *capstan* dengan hasil sebesar 4,998 kW. Langkah terakhir yaitu merancang sistem otomatis tarik ulur menggunakan software PLC dengan menggunakan 2 buah sensor limit switch.

Kata kunci: Buoy, mooring system, pengaruh lingkungan sebagai pertimbangan *mooringsystem*, PLC.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Designing Automatically System Rope Stoper In Capstan For Pull Or Stalling Wire Rope

Nama Mahasiswa : Rr. Dian Nuur Arina
NRP : 4212 106 004
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarief Arief , ST., MT.
2. Ir. Tony Bambang M, PGD.

.

ABSTRACT

Moored buoys in offshore has external force including from wind condition, current condition, and tide sea. This case will affected on mooring system. When environment condition on extreme level, it's possible the mooring line will be broken off because the mooring line can't withstand for hold up the breaking load, so it will be dangerous for ships which around the buoy. The first step is make calculation of mooring load, the diameter of buoy is 6 meter, the height is 4 meter, and the draft is 2,5 meter, with tide variation condition 0,5;2,5;4,5;6,5;7,5 and -1,5 meter, so that the result of mooring tension in extreme condition at angle 80 ° is 50,73kN. Next step is design for dimension of drum, the function of the drum is for rolling the wire rope, after that calculation for power of motor capstan, and the result is 4,998 kW. The last step is designing automatically system with software PLC, this system using two sensor limit switch.

Keywords: *Buoy, mooring system, external force of mooringsystem, PLC.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul :**PERENCANAAN SISTEM ROPE STOPPER DI CAPSTAN UNTUK TARIK ULUR TALI TAMBAT SECARA OTOMATIS.**

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga atas segala sesuatu yang diberikan kepada penulis khususnya kepada :

1. Ibu, Bapak, saudara - saudara, serta seluruh keluarga yang telah memberikan *support materiil, spirituil*, serta doa yang telah dipanjatkan kepada Allah SWT.
2. Bapak Irfan Syarief Arief, ST., MT. dan Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang membimbing penulis selama proses pembuatan laporan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan manajemen yang baik kepada mahasiswa.
4. Teman-teman LJ angkatan 2012 genap, senior, junior, dan seluruh teman-teman Teknik Sistem Perkapalan, serta semua pihak yang terkait baik secara langsung maupun tidak langsung.
5. Teman – Teman terdekat yang selalu membantu *me-refreshing* otak dengan kegiatan – kegiatan yang tidak terduga.
6. Teman – teman lab MMD, yang telah membantu penulis selama proses pengerjaan skripsi.
7. Kepada orang terdekat, yang telah memberikan bantuan, doa, dan *support* selama proses pengerjaan skripsi dan perkuliahan.
8. Teman-teman “ngebolang” yang telah memberikan bantuan dan doa selama proses pengerjaan skripsi.
9. Teman – teman kost keputih IIIC yang telah memberikan bantuan dalam hal apapun selama proses perkuliahan dan skripsi.
10. Teman – teman SMA yang selalu menemani proses *refreshing* selama skripsi berlangsung.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna maka penulis mengharap segala bentuk saran dan kritik guna menyempurnakan Tugas Akhir ini, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan kajian bagi banyak pihak.

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sistem Tambat	3
2.2 Capstan	6
2.3 Jenis Tali Tambat	7
2.4 Sensor Limit Switch	13
2.5 Beban Lingkungan Yang Mempengaruhi Sistem Mooring	15
2.6 Drum / Pulley Sebagai Pendukung Penambatan	18
2.7 Progammmable Logic Control	16
2.7.1 Bagian – Bagian PLC	21
2.7.2 Konsep Perancangan Sistem Kendali PLC	24
2.7.3 Keuntungan dan Kerugian PLC	25
BAB III METODOLOGI	27
3.1 Alur Pengerjaan Skripsi.....	27
3.1.1 Perumusan Masalah	28
3.1.2 Studi Literatur	28
3.1.3 Studi Kepustakaan	29
3.1.4 Pembahasan	30
3.1.5 Perencanaan	31
3.1.6 Kesimpulan dan Saran	31

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Data Lingkungan	33
4.2 Data Utama Kapal	33
4.3 Perhitungan Berdasarkan Beban Lingkungan	34
4.3.1 Perhitungan Pengaruh Beban Angin.....	35
4.3.2 Perhitungan Pengaruh Beban Arus	36
4.3.3 Perhitungan Pengaruh Beban Pasang Surut	37
4.4 Pemilihan Wire Rope	40
4.5 Perencanaan Drum.....	41
4.6 Perencanaan Motor	46
4.7 Perancangan Sistem Otomatis Dengan Software PLC	47
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	54
 DAFTAR PUSTAKA.....	 55
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Koefisien Drag Angin Untuk Setiap Bidang Proyeksi	15
Tabel 2.2	Nilai Koefisien Drag Arus Untuk Setiap Bidang Proyeksi	17
Tabel 3.1	Principal Dimension <i>Buoy</i>	29
Tabel 3.2	Data Lingkungan	29
Tabel 4.1	Data Lingkungan	33
Tabel 4.2	Data Utama <i>Buoy</i>	34
Tabel 4.3	Variasi Ketinggian Pasang – Surut	38
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Tegangan Mooring Line	40
Tabel 4.5	Spesifikasi Wire Rope Yang Dipilih	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Spread mooring</i>	3
Gambar 2.2	<i>Eksternal turret mooring</i>	4
Gambar 2.3	<i>Capstan</i>	6
Gambar 2.4	<i>Wire rope</i>	8
Gambar 2.5	<i>Steel wire rope construction</i>	9
Gambar 2.6	Klasifikasi <i>wire rope</i>	10
Gambar 2.7	<i>Polypropylene monofilament</i>	11
Gambar 2.8	Tali <i>polypropylene multifilament</i>	12
Gambar 2.9	<i>Nylon rope</i>	13
Gambar 2.9a	<i>Sensor limit switch</i>	14
Gambar 2.10	Prosedur dalam penggulangan <i>wire rope</i>	19
Gambar 3.1	<i>Flow chart</i> alur pengerjaan	28
Gambar 3.2	Perencanaan ketinggian pasang surut dalam perhitungan	30
Gambar 4.1	Gaya – gaya yang bekerja pada <i>buoy</i>	34
Gambar 4.1a	Tingkat pasang – surut untuk penambatan	37
Gambar 4.2	Perencanaan dimensi drum	41
Gambar 4.3	Diameter drum	42
Gambar 4.4	Diameter drum dengan penambahan satu layer wire	43
Gambar 4.5	Diameter drum dengan penambahan dua layer wire	44
Gambar 4.6	Diameter drum dengan penambahan tiga layer wire beserta tinggi dimensi A	45
Gambar 4.7	Flowchart sistem otomatis tali tambat	48
Gambar 4.8	Kondisi dari normal ke kondisi <i>wire rope</i> kendur	49
Gambar 4.9	Ladder PLC yang akan bekerja pada saat <i>switch</i> kendur tertekan	49
Gambar 4.10	Kondisi normal ke kondisi <i>switch</i> tegang tertekan ...	50
Gambar 4.11	Ladder PLC yang akan bekerja pada saat <i>switch</i> tegang tertekan	51

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. The Overseas Coastal Area Development Institute Of Japan (OCDI).2002.PartII-DesignConditions.Japan.
- [2]. DNV Offshore Mooring Steel Wire Ropes, April 2009.
- [3]. Southwest Wire Rope LP: General Catalog, 2008.
- [4]. Balmoral Marine: General Guide, 2004.
- [5]. A Afriyansyah, Rezha., 2013, Perancangan Buoy Mooring System Untuk Loading Unloading Aframax Tanker Di Terminal Kilang Minyak Balongan. Jurusan Teknologi Kelautan ITS.
- [6]. Djunaidi Kosasih. 2012, Analisis Beban Mooring.
- [7]. ABS Single Point Moorings, July 2014.
- [8]. Seafarer Indonesia. 2009. Sistem Pelampung di Indonesia. Diambil dari https://www.facebook.com/permalink.php?id=467461696621405&story_fbid=524444830923091 .Terakhir diakses tanggal 26 2013.
- [9]. Marine Rubber Fender. 2012. Mooring Buoy Fungsional dan Aman. Diambil dari <http://www.niri-rubber.com/id/mooring-buoy-fungsional-dan-aman/> . Terakhir diakses 2012.
- [10]. Naval Lovers. 2009. Alat Tambat Pada Kapal. Diambil dari <https://cyberships.wordpress.com/2009/08/01/alat-tambat-pada-kapal/> . Terakhir diakses tanggal 1 Agustus 2009.
- [11]. Nono Haryono. 2012. Limit Switch. Diambil dari <http://nonoharyono.blogspot.com/2009/12/limit-switch.html> . Terakhir diakses tanggal 26 November 2014.
- [12]. Maritim World. 2011. Jenis Mooring System. Diambil dari <http://www.maritimeworld.web.id/2011/04/jenis-mooring-system-pada-fpsofso.html> . Terakhir diakses tanggal 2 November 2013.

- [13]. Maktec Manufacture. 2014. Diambil dari <http://motivationdocksupply.com/winches/capstan-winches.php>. Terakhir diakses tanggal 15 Juni 2014.
- [14]. Samudra Jaya. 2012. Diambil dari <http://www.udsamudrajaya.com/jual-wire-rope-steel-ss-sus304-316/>. Terakhir diakses tanggal desember 2014.
- [15]. Tutorial Programmable Logic Controller. 2011. PPNS-ITS.

BIODATA PENULIS



Penulis, **Rr. Dian Nuur Arina** dilahirkan di Surabaya, 25 Agustus 1991. Merupakan anak terakhir dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Muhammadiyah 3 Surabaya, SMP Negeri 6 Surabaya, dan SMA Negeri 6 Surabaya.

Setelah lulus dari SMA pada tahun 2009, penulis diterima di Program Studi Diploma III Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, bidang studi Power Electrical. Setelah itu pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi S1 nya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknologi Kelautan, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, dengan NRP 4212 106 004.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sumber energi yang cukup besar berguna hingga zaman sekarang adalah sumber daya alam yang berasal dari perut bumi yang terdapat di dasar lautan. Pengeksplorasian yang dilakukan dengan cara men-*drilling* dan memompa sumber daya alam di daerah lepas pantai. Hal ini mengakibatkan padatnya transportasi daerah lepas pantai, sehingga dibutuhkan *safety equipment* yang dalam bahasan kali ini menggunakan *buoy*. Fungsi dari pelampung (*buoy*) adalah sebagai *warning* / tanda adanya bahaya, sebagai tanda adanya perubahan pasang surut dilaut, dan juga sebagai penuntun atau petunjuk jalan yang aman bagi pelayaran. *Buoy* hanya memenuhi fungsinya sebagai alat bantu navigasi pada siang hari dan dalam keadaan cuaca terang, pada malam hari hanya pelampung yang di fasilitasi penerangan, kemudian pada cuaca buruk atau berkabut hanya pelampung yang menggunakan bunyi (gong, bell).

Buoy yang ditambat di lepas pantai akan mengalami pembebanan dari kondisi lingkungan baik beban berupa arus, angin, dan pasang surut air yang ada di sekitarnya. Hal ini berakibat akan berpengaruh terhadap sistem tambatnya atau *mooring system*. Jika pada saat kondisi lingkungan sedang ekstrem, tidak menutup kemungkinan tali tambat yang ada akan terputus karena tidak dapat menahan beban tegangan yang ada, sehingga dapat membahayakan kapal – kapal yang ada disekitarnya. Permasalahan ini yang memunculkan ide untuk pembuatan sistem otomatis alat pelepas / pengendor tali.

1.2 Perumusan Masalah

Perancangan ini digunakan membuat sesuatu yang masih manual menjadi otomatis.

Permasalahan yang akan dijawab penyelesaiannya adalah:

- a) Apa saja beban lingkungan yang bekerja?
- b) Berapa gaya beban yang diderita oleh *buoy*?
- c) Pemilihan *wire rope* sebagai tali tambat berdasarkan apa?

- d) Bagaimana cara kerja sistem otomatis yang akan direncanakan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang dicapai dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a) Mengetahui beban lingkungan apa saja yang akan mempengaruhi kapal.
- b) Mengetahui hasil perhitungan gaya beban yang diderita oleh *buoy*.
- c) Mengetahui pemilihan *wire rope* berdasarkan apa.
- d) Mengetahui cara kerja sistem otomatis tarik ulur tali tambat.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a) Memberikan wawasan tentang beban lingkungan yang biasa terjadi di lautan lepas.
- b) Memberikan wawasan tentang perkembangan sistem tarik ulur tali tambat secara otomatis yang akan dirancang.

1.5 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas akhir ini akan dibatasi dalam beberapa batasan masalah untuk memfokuskan permasalahan agar hasil yang diinginkan dapat tercapai. Dan berikut adalah batasan masalah pada tugas akhir ini :

- a) Perencanaan hanya dilakukan dengan pendekatan software.
- b) Perhitungan beban lingkungan dibatasi dengan *range* tertentu.
- c) Perencanaan hanya dilakukan pada cara kerja otomatis motor, baik pada saat motor menggulung atau mengulur *wire rope*.
- d) Tidak membahas tentang perhitungan bahan dan jenis konstruksi .
- e) Tidak membahas tentang *source* dari power motor
- f) Perhitungan sebagai tempat penambatan yang ada didasar laut tidak dibahas.

BAB II

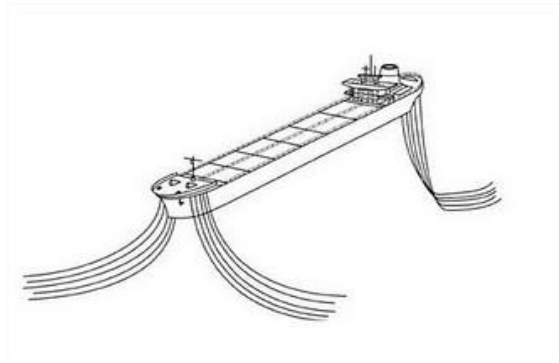
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 SISTEM TAMBAT

Sistem tambat / *mooring system* pada dasarnya berfungsi untuk mengamankan posisi kapal agar tetap pada posisi yang telah ditentukan seperti pada posisi di waktu awal. Secara umum, *mooring system* yang digunakan untuk FSO/FPSO adalah sebagai berikut :

1. Spread Mooring

Pada sistem ini tidak memungkinkan bagi kapal untuk bergerak / berputar guna mencapai posisi dimana efek –efek lingkungan semisal angin, arus dan gelombang relatif kecil. Namun hal ini akan mengakibatkan beban lingkungan terhadap kapal menjadi semakin besar, yang dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah *mooring lines* dan atau *line tension*nya. Pada sistem ini digunakan satu set *anchor legs* dan *mooring lines* yang biasanya terletak pada posisi *bow* dan *stern* kapal.[12]



Gambar 2.1 Spread Mooring

Spread mooring dapat diterapkan pada setiap tipe kapal, namun dengan tetap memperhatikan fasilitas produksi di

atas kapal. Pada system ini, peralatan *offloading* biasanya terletak di *bow* atau *stern* kapal, atau dengan menggunakan *buoy* yang didedikasikan khusus untuk sarana transfer cargo.

2. Turret Mooring

Pada sistem ini kapal dihubungkan dengan *turret*, yang mana dengan adanya *bearing* memungkinkan kapal untuk dapat berputar. Dibandingkan dengan *spread mooring*, pada sistem ini *riser* dan *umbilical* yang diakomodasi dapat lebih banyak lagi. *Turret mooring* dapat berupa *external turret* atau *internal turret*.



Gambar 2.2 Eksternal Turret Mooring

External Turret dapat diletakkan pada posisi *bow* atau *stern* kapal, di luar lambung kapal, memungkinkan kapal untuk dapat berputar 360 derajat dan beroperasi pada kondisi cuaca normal maupun *extreme*. *Chain leg* “ditanam” di dasar laut dengan *anchor* atau *piles*. Biaya pembuatannya lebih murah dibandingkan dengan *internal turret* dan modifikasi yang dilakukan di kapal tidak terlalu banyak. Selain posisi *turret*, perbedaan lain dibandingkan dengan *internal turret* adalah posisi *chain table*-nya. Pada *external turret*, *chain table* terletak di atas *water level*, sedangkan pada *internal turret*, *chain table* terendam di bawah garis air. Pada umumnya

sistem ini digunakan di perairan yang tidak terlalu dalam dan pada lapangan yang relatif kecil, contoh aplikasi di Indonesia adalah FPSO Anoa Natuna. Berbeda dengan *internal turret*, keunggulan sistem ini adalah dapat terpasang secara permanen maupun tidak (*dis-connectable*), dapat diaplikasikan pada lapangan dengan kondisi lingkungan yang moderat sampai ekstrim, dan sesuai untuk *deepwater*. Sistem ini dapat mengakomodasi *riser* hingga 100 unit dan kedalaman laut hingga 10,000 feet.

3. Tower Mooring

Pada system ini FSO/FPSO dihubungkan ke tower dengan suatu *permanent wishbone* atau *permanent/temporary hawser*. Sesuai untuk laut dangkal hingga sedang dengan arus yang cukup kuat. Keuntungannya adalah transfer fluida yang sederhana, dengan menggunakan *jumper hoses* dari tower ke kapal, akses langsung dari kapal ke *tower*, modifikasi yang tidak terlalu banyak pada kapal, dan semua *mechanical equipment* terletak di atas sea level. Selain itu fasilitas-fasilitas lain yang dapat ditempatkan diatas *tower deck* antara lain *articulated yoke*, *pig receiver*, *rotating assembly*, *lifting appliances*, *supporting surface facilities*.

4. Buoy Mooring

Buoy adalah penanda yang diletakkan di laut agar kapal tidak merapat dikarenakan kedalaman laut yang terlalu dangkal. *Buoy* pada umumnya berwarna terang agar mudah dikenali dari jarak jauh. *Mooring buoy* dilengkapi dengan beban yang lebih berat untuk diletakkan di dasar laut yang dinamakan *sinker*. *Sinker* dihubungkan dengan *buoy* menggunakan rantai dan *shackle*. Panjang rantai yang terpasang adalah dua kali kedalaman laut di daerah mooring buoy dipasang. Hal ini bertujuan agar *buoy* tetap berada di radius yang ditentukan dan apabila pasang surut air laut terjadi, *mooring buoy* tetap berada di permukaan air. Pada bagian atas *buoy* terdapat bagian yang menjorok ke atas yang ditujukan

sebagai tempat kapal menambatkan tali. Dengan demikian, ada dua kelebihan menggunakan *mooring buoy*. Pertama, kapal tidak perlu melepaskan jangkar ke dasar laut sehingga ekosistem laut tetap terjaga. Kedua, kapal dapat merapat dengan jarak yang aman sehingga kemungkinan kapal besar untuk membentur dasar laut mengecil. Pada sistem ini sebuah buoy digunakan sebagai mooring point kapal dan untuk offloading fluida. Tujuan utamanya adalah untuk transfer fluida dari daratan atau fasilitas offshore lainnya ke kapal yang sedang ditambatkan. Komponen-komponennya antara lain Buoy Body, sebagai penyedia stabilitas dan buoyancy. Komponen mooring dan anchoring, menghubungkan buoy dengan seabed dan Hawser menghubungkan buoy dengan kapal.

2.2 CAPSTAN

Sistem penambatan yang ada diantara kapal dengan dermaga membutuhkan sebuah alat untuk menunjang proses penambatan tersebut. Alat tersebut bernama capstan, yang terdapat di *weather deck* kapal. Capstan adalah sebuah drum dengan posisi vertikal yang digerakkan oleh motor listrik untuk menarik tali tambat. Terdapat tiga macam penyusunan *capstan* yang umum digunakan.



Gambar 2.3 Capstan[13]

Dalam suatu penyusunan motor, elektrik *brake*, *gear reducer* dan *capstan head* diletakkan semuanya pada *weather deck*. Penyusunan yang kedua adalah hanya *capstan head* yang diletakkan pada *weather deck*, dengan motor *electric brake* dan

gear reducer tergantung dibawah *weather deck*. Penyusunan ketiga adalah hanya *capstan head* yang diletakkan di *weather deck* dengan motor, *brake* dan *gear reducer* berada di *deck* di bawahnya.

Keuntungan penyusunan dengan cara pertama, semua bagian dapat dirangkai oleh pembuat mesin untuk dipasang ditempat yang diinginkan oleh perencana/pembuat kapal. Sedangkan kerugiannya bahwa motor dan *brake* harus menggunakan konstruksi yang kedap air, dan penempatannya yang susah. Susunan yang kedua mempunyai keuntungan motor dan remnya diluar *weather deck*. Sehingga merupakan konstruksi yang tahan terhadap air. Susunan yang ketiga mempunyai masalah meluruskan mesin penggerak dengan *capstan head* dan juga memerlukan instalasi fleksibel kopling yang dapat menyesuaikan ketidaklurusan. *Capstan head* biasanya berbentuk seperti tong. *Gear reducer* biasanya terdiri dari roda reduksi dan gulungan. Biasanya lebih banyak digunakan roda reduksi dan gulungan dari pada reduksi yang lain dengan keuntungan efisiensi yang lebih tinggi. Semua bantalan yang ada di *reducer* harus berbentuk bola atau bertipe *roller*. Karena diperlukan untuk akurasi pelurusan dari *gear* gulung.

2.3 JENIS TALI TAMBAT

Tali tambat adalah tali yang digunakan untuk menambatkan kapal di dermaga atau yang digunakan untuk menarik kapal oleh tug boat (kapal tunda) atau oleh kapal lain. Material tali pada jenis tali tambat yang digunakan selain kabel baja (wire rope) , tali yang terbuat dari bahan natural ataupun bahan serat sintetis, atau gabungan. Jenis tali yang terbuat dari bahan natural antara lain yaitu :

- Tali yang terbuat dari Abaca (pohon pisang liar) tali ini tahan basah mudah melengkung dan tahan terhadap air sehingga dalam ukuran kecil masih digunakan.
- Tali Sisal yang berasal dari jenis pohon Agava yang tidak tahan basah dan lembab, Tali Hennep (tali rami) yang mudah

menyerap air dan lapuk. Tali sabut Kelapa, Tali Jute bahan untuk pembuat karung dll.

Pada saat ini tali yang dibutuhkan adalah tali yang memiliki kekuatan yang besar, tahan air dan dapat terapung serta memiliki daya renggang dan lentur yang baik. Hal ini banyak ditemukan pada jenis tali serat sintetis. Kekuatan tali serat sintetis ataupun kabel baja meliputi beban putus telah ditentukan sesuai dengan tabel yang dikeluarkan oleh badan klasifikasi. Namun demikian kabel baja maupun tali tambat harus dilakukan pengetesan (tes tarik) sebelum digunakan dikapal, biasanya untuk kegunaan dikapal tali tambat maupun kabel baja telah dilengkapi sertifikat pengetesan. Berikut beberapa alternatif jenis tali tambat selain jenis dari bahan natural :

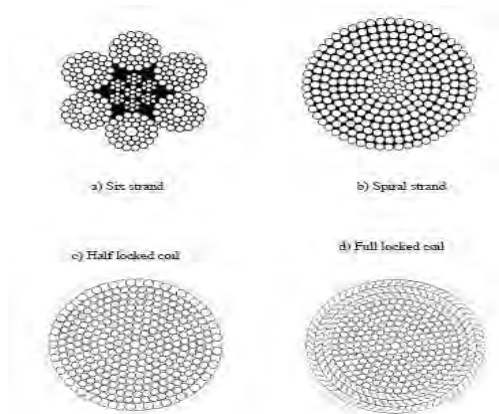
1. Wire Rope

Wire rope atau yang biasa disebut kawat seling merupakan salah satu jenis tali tambat yang di pakai untuk sistem *mooring*. Keuntungan *wire rope* adalah memiliki kekuatan atau breaking load yang tinggi.



Gambar 2.4 *Wire Rope*[14]

Di sisi lain *wire rope* memiliki kekurangan, diantaranya yaitu dapat berkarat, *stretch properties* atau kemampuan menahan gentakan kurang baik, dan *wire rope* jika digunakan sebagai tali tambat adalah faktor berat sehingga sulit digunakan di lapangan. Berdasarkan DNV Ch. 2 Sec.4 Standart wire yang dipakai di *offshore* harus sama dengan standart Round wire – ASTM A603, ASTM A586, EN 12485-10, EN10264-2, ISO 2232, API 9A/ISO 10425, Shaped wire – EN 10264-3.



Gambar 2.5 Steel Wire Rope Contruaction[14]

Terdapat beberapa klasifikasi dari jenis *wire rope* yang terdapat di pasaran. *Wire rope* diklasifikasikan berdasarkan jumlah *strand* yang mengelilingi dari inti / *core*. Berikut beberapa jenis klasifikasi *wire rope* berdasarkan salah satu *brand* yang ada di pasaran.

Wire Rope Classifications

Based on the Nominal Number of Wires in Each Strand

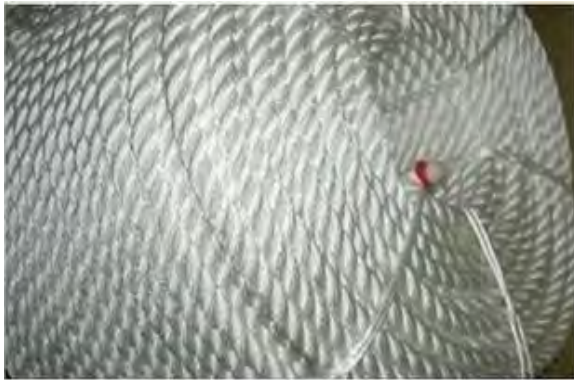
Classification	Description
6 x 7	Containing 6 strands that are made up of 3 through 14 wires, of which no more than 9 are outside wires.
6 x 19	Containing 6 strands that are made up of 15 through 26 wires, of which no more than 12 are outside wires.
6 x 37	Containing 6 strands that are made up of 27 through 49 wires, of which no more than 18 are outside wires.
6 x 61	Containing 6 strands that are made up of 50 through 74 wires, of which no more than 24 are outside wires.
6 x 91	Containing 6 strands that are made up of 75 through 109 wires, of which no more than 30 are outside wires.
6 x 127	Containing 6 strands that are made up of 110 or more wires, of which no more than 36 are outside wires.
8 x 19	Containing 8 strands that are made up of 15 through 26 wires, of which no more than 12 are outside wires.
19 x 7 and 18 x 7	Containing 19 strands, each strand is made up of 7 wires. It is manufactured by covering an inner rope of 7x7 left lang lay construction with 12 strands in right regular lay. (The rotation-resistant property that characterizes this highly specialized construction is a result of the counter torques developed by the two layers.) When the steel wire core strand is replaced by a fiber core, the description becomes 18x7.

Gambar 2.6 Klasifikasi Wire Rope[3]

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa salah satu contoh klasifikasi *wire rope* 6 x 7 adalah jenis *wire* yang memiliki satu inti / *core* dan di kelilingi oleh 6 *strand*, yang dimana satu *strand* tersebut terbuat dari 3 sampai 14 *wires* yang ada didalamnya.

2. Tali *Polypropylene Monofilament*

Alternatif kedua tali tambat yaitu tali *polypropylene monofilament*. Tali propylene adalah sejenis tali tambang yang diproduksi dari bahan plastik *polypropylene*, karena *polypropylene* adalah bahan turunan dari minyak, maka harga tali tersebut bergantung pada harga minyak. Proses produksi tali *polypropylene* adalah biji plastik *polypropylene* diekstruksi sehingga menghasilkan serat *filament*, setelah itu *filament* dipilin menjadi *strand*, dan akhirnya *strand* dipilin menjadi tali. Keuntungan tali *polypropylene monofilament* sebagai tali tambat adalah harganya yang murah, tidak menyerap air, dan tahan dari oli dan cairan kimia lainnya.



Gambar 2.7 *Polypropylene Monofilament*[14]

Keuntungan *polypropylene monofilament* yang tidak menyerap air menyebabkan berat saat kering maupun berat saat basah adalah sama. Sifat ini menguntungkan karena membuat *polypropylene monofilament* mudah tidak mempersulit *crew* yang ada dilapangan. Faktor harga yang murah membuat tali ini banyak digunakan untuk menambat terutama kapal kecil dan sedang.

3. Tali *polypropylene multifilament*

Alternatif penggunaan jenis tali tambat selanjutnya adalah tali *polypropylene multifilament*. Kekurangan dari tali jenis ini adalah harga sedikit lebih mahal dari tali *polypropylene monofilament*.



Gambar 2.8 Tali *polypropylene multifilament*[14]

Keuntungan dari tali *polypropylene multifilament* adalah punya ketahanan gesek dan gentakan yang lebih baik daripada *polypropylene monofilament*. Perbedaan dari *polypropylene mono* dan *multi* adalah proses produksi dan ukuran serat yang dihasilkan dari proses produksi tersebut. Keduanya memiliki bahan dasar yang sama yaitu serat *polypropylene*. Ukuran serat dari tali *polypropylene monofilament* lebih besar dibandingkan tali jenis *multifilament*, secara fisik jika dipegang tali jenis *monofilament* mempunyai permukaan lebih kasar dan benangnya lebih besar, sedangkan untuk jenis *multifilament* lebih halus permukaannya.

4. Tali Nylon

Tali nylon merupakan jenis tali yang sering menjadi andalan untuk tali tambat di kapal, namun harga dari tali ini termasuk mahal. Jenis tali sintetis ini pembuatannya sudah dengan mesin dan mudah serta memiliki serat yang halus dan mengkilap sehingga terlihat bersih dan tidak lapuk. Memiliki kekuatan lebih kurang 1,5 sampai 2,5 kali lebih kuat dari tali manila, pada saat basah kekuatannya 83% dari pada saat kering.



Gambar 2.9 Nylon rope[14]

Tali nylon pada kondisi kering kekuatannya tidak berkurang walaupun pada suhu rendah. Karena memiliki kekuatan yang lebih besar maka ukuran diameter dapat lebih kecil jika dibandingkan dengan tali manila. Faktor keselamatannya 5 kali lebih besar dari tali manila. Memiliki daya regang yang cukup besar sehingga apabila diberi beban akan memanjang dan akan kembali kebentuk semula apabila beban dilepas. Daya elastisnya lebih kurang 2,5 sampai 3,5 kali tali manila. Tahan terhadap air laut, tidak terpengaruh oleh minyak tanah dan bensin kecuali tiner atau bahan lain yang mengandung Tinner. Tali nylon termasuk tahan api, artinya akan meleleh pada suhu 220°C dan apabila bagian yang meleleh dipadamkan maka api tidak akan terus menjalar.

2.4 SENSOR LIMIT SWITCH

Limit switch adalah salah satu jenis sensor yang ada di dunia industri yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan dari bagian mesin yang bergerak seperti cylinder dan lain-lain, pada saat tuas atau bisa juga disebut cam mengenai atau menekan bagian kepala dari limit switch maka sensor ini langsung bekerja sehingga kontak-kontak yang ada pada bagian dalamnya akan ikut bekerja pula, pada saat sensor bekerja bisa langsung dihubungkan keperangkat atau

komponen lain seperti solenoid valve atau lampu indikator. Ada berbagai tipe dan ukuran pada sensor ini namun secara prinsip kerja adalah sama persis.



Gambar 2.9a Sensor limit switch[11]

Bagian kepala dari limit switch ini bisa ditekan ke kiri dan ke kanan dengan sudut tertentu misalnya 45 derajat maka dia sudah akan bekerja, sedangkan dibagian dalamnya terdapat micro switch yang berfungsi meneruskan gerakan yang diberikan oleh kepala limit switch di bagian luar, sehingga pada saat tertekan micro switch langsung kontak. Di dalamnya ada kontak NO dan NC.

2.5 Beban Lingkungan Yang Mempengaruhi Sistem Mooring

Beban lingkungan adalah beban yang akan terjadi karena pengaruh lingkungan sekitar dimana suatu kapal atau struktur lepas pantai dioperasikan. Beban lingkungan dalam perancangan tugas akhir kali ini adalah beban yang disebabkan

oleh angin dan arus, sehingga beban tersebut menimbulkan gaya yang bekerja terhadap *buoy* yang sedang ditambat.

1. Gaya mooring akibat angin

Suatu kapal atau struktur lepas pantai yang ditambatkan akan mengalami pengaruh dari arah angin dominan. Besar gaya akibat angin dihitung dengan persamaan berikut

Gaya akibat angin yang mempengaruhi badan *buoy* :

$$F_{wt} = 0,5 \cdot \rho_a \cdot C_{Dw} \cdot A_{wt} \cdot U^2 \dots\dots\dots(1)[1]$$

Dimana :

F_{WT} = gaya akibat angin (kN).

ρ = massa jenis angin.

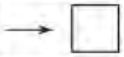

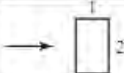
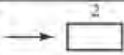
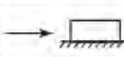
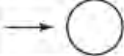
C_{Dw} = koefisien *drag* angin.(Tabel 1)

A_{WT} = luas bidang proyeksi *buoy* yang tidak basah (m^2).

U = kecepatan angin (m/s).

Untuk nilai koefisien *drag* angin dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Nilai koefisien *drag* angin untuk setiap bidang proyeksi[1]

	Square cross-section	2,0
	η	1,6
	Rectangular cross-section (ratio of side lengths = 1:2)	2,3
	η	1,5
	η (when one face is in contact with the ground)	1,2
	Circular cross-section (smooth surface)	1,2

Tabel 1 menunjukkan bentuk dari luasan penampang yang akan dilawan oleh angin. Terdapat beberapa bentuk luasan penampang mulai dari kotak hingga lingkaran yang masing – masing bentuk memiliki nilai koefisien tersendiri.

2. Gaya mooring akibat pengaruh arus
Seperti halnya angin, arus yang bekerja pada bagian *buoy* yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada *buoy* yang juga mempengaruhi mooring. Besar gaya akibat arus dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Gaya arus yang mempengaruhi badan *buoy*:

$$F_{ct} = 0,5 \cdot \rho \cdot C_{Dc} \cdot A_{ct} \cdot V_t^2 \dots\dots\dots(3)[1]$$

Dimana :

F_{CT} = gaya akibat arus arah (kN).

ρ = massa jenis air (ton/m³).

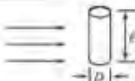

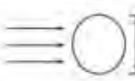
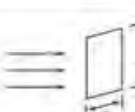
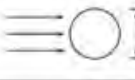
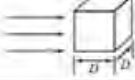
C = koefisien tekanan arus.(Tabel 2)

A_{CT} = luas bidang proyeksi kapal yang basah (m²).

V_T = kecepatan arus (m/s).

Untuk koefisien tekanan arus dapat dilihat pada tabel 2 berikut

Tabel 2. Nilai koefisien *drag* arus untuk tiap bidang proyeksi[1]

Shape	Projected area	Drag coefficient
Circular cylinder (rough surface) 	$D \ell$	$1.0 (\ell > D)$
Rectangular prism 	$B \ell$	$2.0 (\ell > B)$
Circular disc 	$\frac{\pi}{4} D^2$	1.2
Flat plate 	$a b$	$a/b = 1 \rightarrow 1.12$ $a/b = 2 \rightarrow 1.15$ $a/b = 4 \rightarrow 1.19$ $a/b = 10 \rightarrow 1.29$ $a/b = 18 \rightarrow 1.40$ $a/b = \infty \rightarrow 2.01$
Sphere 	$\frac{\pi}{4} D^2$	$0.5 \sim 0.2$
Cube 	D^2	$1.3 \sim 1.6$

Tabel 2 menunjukkan bentuk dari volume dari sebuah objek yang akan dilawan oleh arus. Terdapat beberapa bentuk volume objek mulai dari kubus hingga tabung yang masing – masing bentuk memiliki nilai koefisien tersendiri.

3. Hubungan antara gaya – gaya yang bekerja pada *buoy*
Gaya arus bekerja pada sisi badan *buoy* yang berada di bawah air (draft) sedangkan gaya angin bekerja pada sisi badan *buoy* yang berada di atas air. Perhitungan besarnya gaya akibat arus dan angin yang telah diproyeksikan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$R_m = \frac{F_{m.\max}}{\cos \theta_v \cdot \cos \theta_h} \dots\dots\dots(5)[1]$$

$F_{m.\max}$ = gaya *mooring* maksimum (kN).

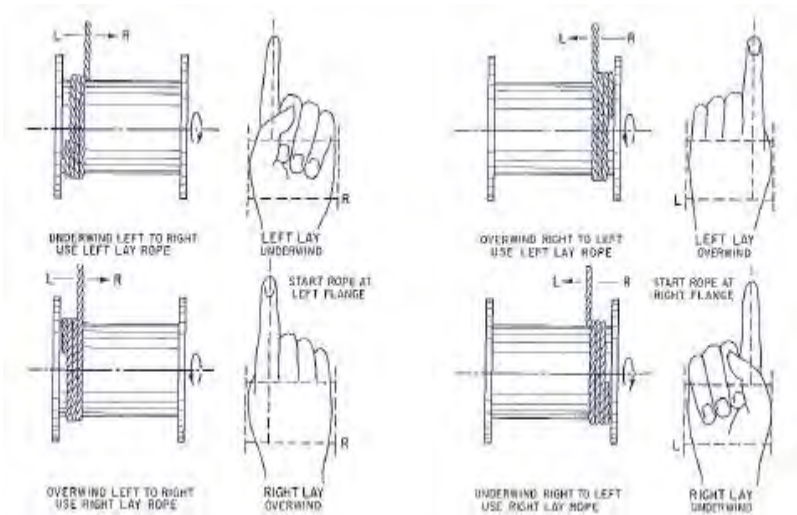
R_m = gaya *mooring* pada titik tambat (kN).

β_v = sudut vertikal tali

β_h = sudut horizontal tali

2.6 Drum / Pulley Sebagai Pendukung Penambatan

Drum dalam proses penambatan berfungsi sebagai tempat penggulungan *stock wire* rope yang akan digunakan untuk menambat. *Wire rope* yang terdapat di dalam drum dapat direncanakan panjangnya sesuai dengan kebutuhan dari kapal / pontoon yang akan di tambatkan, termasuk juga kedalaman dari kondisi lingkungan. Pemasangan *wire rope* pada drum membutuhkan banyak perawatan. Dalam pemasangan *wire rope* yang ada di drum harus benar – benar dipastikan *wire* terpasang secara benar di drum. *Wire rope* yang di lilitkan pada drum harus dipastikan tidak ada kerenggangan antara *wire* satu dengan *wire* lainnya, jika terdapat kerenggangan dan ketidakrataan *wire* pada saat penggulungan dapat mengakibatkan kesulitan operator dalam menggunakannya dan juga dapat menyebabkan *wire* tersebut mengalami kerusakan.



Gambar 2.10 Prosedur Dalam Penggulungan Wire Rope[4]

Penggulungan *wire rope* pada drum memiliki beberapa prosedur yang digunakan dalam menentukan arah penggulangan. Arah penggulangan berprinsip pada arah tangan kanan ataupun tangan kiri, sesuai dengan arah telunjuk kemana akan berputar.

2.7 Programmable Logic Control

Programmable Logic Controllers (PLC) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (user friendly) yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam.

Definisi Programmable Logic Controller menurut Capiel (1982) adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didisain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika,

urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut :

1. Programmable, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.
2. Logic, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan logic (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya.
3. Controller, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian relay sequensial dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan software yang sesuai dengan jenis PLC yang digunakan sudah dimasukkan.

2.7.1 Bagian – Bagian PLC

Sistem PLC terdiri dari 5 (lima) bagian pokok, yaitu:

1. Central Processing Unit (CPU).
Bagian ini termasuk otak atau jantung PLC, karena merupakan bagian yang melakukan pemrosesan program yang tersimpan dalam PLC. Disamping itu CPU juga melakukan pengawasan atas semua operasional kerja PLC, transfer informasi melalui internal bus antara PLC, memory, dan unit I/O.

Bagian-bagian CPU ini antara lain adalah

- *Power Supply*
power supply mengubah suplai masukan listrik menjadi suplai listrik yang sesuai dengan CPU dan seluruh komputer.
- *Alterable Memory*
terdiri dari banyak bagian, intinya bagian ini berupa chip yang isinya di letakkan pada chip RAM (*Random Access Memory*), tetapi isinya dapat diubah dan dihapus oleh pengguna / pemrogram. Bila tidak ada suplai listrik ke CPU maka isinya akan hilang, oleh sebab itu bagian ini disebut bersifat *volatile*, tetapi ada juga bagian yang tidak bersifat *volatile*.
- *Fixed Memory*
berisi program yang sudah diset oleh pembuat PLC, dibuat dalam bentuk chip khusus yang dinamakan ROM (*Read Only Memory*), dan tidak dapat diubah atau dihapus selama operasi CPU, karena itu bagian ini sering dinamakan memori *non-volatile* yang tidak akan terhapus isinya walaupun tidak ada listrik yang masuk ke dalam CPU. Selain itu dapat juga ditambahkan modul EEPROM atau *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* yang ditujukan untuk *back up* program utama RAM prosesor sehingga prosesor dapat diprogram untuk meload program EEPROM ke RAM jika program di RAM hilang atau rusak.
- *Processor*
berfungsi untuk mengontrol supaya informasi tetap jalan dari bagian yang satu ke bagian yang lain. Bagian ini berisi rangkaian *clock*, sehingga masing-masing transfer informasi ke tempat lain tepat sampai pada waktunya.

- *Battery Backup*
umumnya CPU memiliki bagian ini. Bagian ini berfungsi menjaga agar tidak ada kehilangan program yang telah dimasukkan ke dalam RAM PLC jika catu daya ke PLC tiba-tiba terputus.

2. Programmer / Monitor (PM)

Pemrograman ini dilakukan melalui keyboard sehingga alat ini dinamakan programmer. Dengan adanya monitor maka dapat dilihat proses yang sedang dijalankan oleh PLC. PM dihubungkan dengan CPU melalui kabel. Setelah CPU selesai diprogram maka PM tidak dipergunakan lagi untuk operasi proses PLC. Maka dari itu bagian ini hanya dibutuhkan satu buah untuk banyak CPU.

3. Modul input / output (I/O)

Input merupakan bagian yang menerima sinyal elektrik dari sensor atau komponen lain. Sinyal tersebut dialirkan ke PLC untuk diproses. Ada banyak jenis modul input yang dapat dipilih dan jenisnya tergantung dari input yang akan digunakan. Jika input adalah limit switches dan push button dapat dipilih kartu input DC. Modul input analog adalah kartu input khusus menggunakan ADC (Analog to Digital Conversion). Kartu ini digunakan untuk input yang berupa variabel, seperti temperatur, kecepatan, tekanan, dan posisi. Pada umumnya ada 8-32 input point setiap modul inputnya. Setiap point akan ditandai sebagai alamat yang unik oleh prosesor.

Output adalah bagian PLC yang menyalurkan sinyal elektrik hasil pemrosesan PLC ke peralatan output. Besaran informasi/sinyal elektrik tersebut dinyatakan dengan tegangan listrik antara 5 – 15 volt DC dengan informasi diluar sistem tegangan yang

bervariasi antara 24 – 240 volt DC maupun AC. Kartu output analog adalah tipe khusus dari modul *output* yang menggunakan DAC (*Digital to Analog Conversion*). Modul *output* analog dapat mengambil nilai dalam 12 bit dan mengubahnya ke dalam signal analog. Biasanya signal ini 0-10 volts DC atau 4-20 mA. Signal Analog biasanya digunakan pada peralatan seperti motor yang mengoperasikan katub dan *pneumatic position control devices*. Bila dibutuhkan, suatu sistem elektronik dapat ditambahkan untuk menghubungkan modul ini ke tempat yang jauh. Proses operasi sebenarnya di bawah kendali PLC mungkin jaraknya jauh, bisa ribuan meter.

4. *Printer*.

Alat ini memungkinkan program pada CPU dapat di printout atau dicetak. Informasi yang mungkin dicetak adalah diagram ladder, status register, status dan daftar dari kondisi-kondisi yang sedang dijalankan, timing diagram dari kontak, timing diagram dari register, dan lain-lain.

5. *The Program Recorder / Player*.

Alat ini digunakan untuk menyimpan program dalam CPU. Pada PLC yang lama digunakan tape, sistem *floopy disk*. Sekarang PLC semakin berkembang dengan adanya hard disk yang digunakan untuk pemrograman dan perekaman. Program yang telah direkam ini nantinya akan direkam kembali ke dalam CPU apabila program aslinya hilang atau mengalami kesalahan.

2.7.2 Konsep Perancangan Sistem Kendali PLC

Dalam merancang suatu sistem kendali dibutuhkan pendekatan-pendekatan sistematis dengan prosedur sebagai berikut:

1. Rancangan Sistem Kendali

Dalam tahapan ini si perancang harus menentukan terlebih dahulu sistem apa yang akan dikendalikan dan

bagaimana proses yang akan ditempuh. Sistem yang dikendalikan dapat berupa peralatan mesin ataupun proses yang terintegrasi yang sering secara umum disebut dengan *controlled system*.

2. Penentuan I/O

Pada tahap ini semua piranti masukan dan keluaran eksternal yang akan dihubungkan PLC harus ditentukan. Piranti masukan dapat berupa saklar, sensor, valve dan lain-lain sedangkan piranti keluaran dapat berupa solenoid katup elektromagnetik dan lain-lain.

3. Perancangan Program (Program Design)

Setelah ditentukan input dan output maka dilanjutkan dengan proses merancang program dalam bentuk ladder diagram dengan mengikuti aturan dan urutan operasi sistem kendali.

4. Pemrograman (Programming)

5. Menjalankan Sistem (Run The System)

Pada tahapan ini perlu dideteksi adanya kesalahan-kesalahan satu persatu (debug), dan menguji secara cermat sampai kita memastikan bahwa sistem aman untuk dijalankan.

2.7.3 Keuntungan dan Kerugian PLC

Dalam industri-industri yang ada sekarang ini, kehadiran PLC sangat dibutuhkan terutama untuk menggantikan sistem wiring atau pengkabelan yang sebelumnya masih digunakan dalam mengendalikan suatu sistem. Dengan menggunakan PLC akan diperoleh banyak keuntungan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Fleksibel

Sebelum digunakan sistem PLC, setiap mesin dibutuhkan beberapa pengendali. Misalnya jika terdapat sepuluh mesin maka membutuhkan sepuluh pengendali, tetapi sekarang dengan menggunakan sistem PLC maka semua mesin dapat dikendalikan dengan programnya masing-masing.

2. Perubahan dan pengkoreksian sistem lebih mudah

Apabila salah satu sistem diganti atau dikoreksi maka hanya melakukan perubahan pada program yang ada di komputer. Dalam waktu yang relatif singkat, program berubah dan sistem kerja mesin akan berjalan sesuai dengan program yang telah disetting.

3. Harga relatif lebih murah
Sistem PLC mampu menyederhanakan sistem pengkabelan dibanding sebuah relay sehingga harga dari sebuah PLC lebih murah. Jika menggunakan beberapa relay dan kabel yang banyak maka pengeluaran akan relatif lebih mahal. Beberapa fungsi PLC yang sering digunakan mencakup timers, counters, squencers, dan lain sebagainya.
4. Dapat melakukan pemrograman ulang
Sistem PLC dapat diubah dari program sebelumnya. pemrograman ini berguna untuk membuat ladder lebih efisien dan lebih mudah dipahami.
5. Keamanan
Pengubahan pada PLC tidak dapat dilakukan kecuali PLC tidak dikunci dan diprogram. Jadi tidak ada orang yang tidak berkepentingan dapat mengubah program PLC selama PLC tersebut dikunci.

Selain keuntungan yang telah disebutkan, ada juga beberapa kerugian menggunakan PLC. Kerugiannya sebagai berikut:

1. Teknologi yang masih baru
Sistem PLC yang masih baru membuat sebagian orang sulit untuk memahami. Misalnya, pengubahan sistem kontrol lama yang menggunakan ladder atau relay ke konsep komputer PLC merupakan hal yang sulit bagi sebagian orang.
2. Buruk untuk aplikasi program yang tetap
Beberapa aplikasi merupakan aplikasi dengan satu fungsi. Sedangkan PLC dapat mencakup beberapa fungsi

sekaligus. Pada aplikasi dengan satu fungsi jarang sekali dilakukan perubahan bahkan tidak sama sekali, sehingga penggunaan PLC pada aplikasi dengan satu fungsi akan memboroskan (biaya).

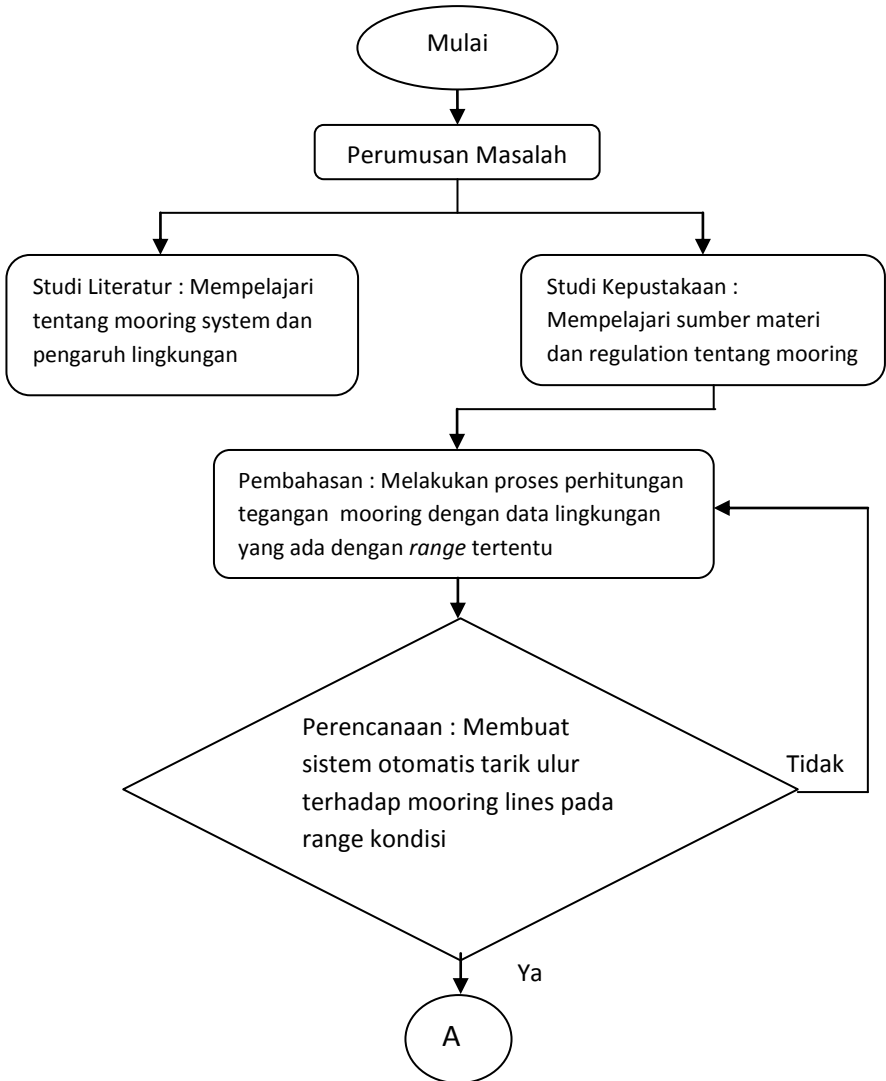
3. Pertimbangan lingkungan

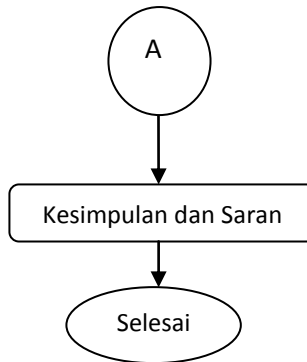
Dalam suatu pemrosesan, lingkungan mungkin mengalami pemanasan yang tinggi, vibrasi yang kontak langsung dengan alat-alat elektronik di dalam PLC. Hal ini bila terjadi terus menerus akan mengganggu kinerja PLC sehingga tidak berfungsi optimal.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Alur pengerjaan skripsi





Gambar 3.1 *Flow chart* alur pengerjaan

1. Perumusan Masalah

Pembahasan skripsi didasari oleh perumusan masalah, yang mana perumusan masalah tersebut merupakan langkah pertama dalam pengerjaan skripsi. Merumuskan beberapa masalah yang nantinya akan menjadi acuan untuk perencanaan sistem yang akan dikembangkan, yang tentunya berdasarkan dasar teori dan perhitungan, serta peraturan-peraturan standar dan regulasi terkait dengan perhitungan.

2. Studi Literatur

Mempelajari dan memahami tentang definisi *mooring* dan macam – macam *system mooring* yang ada. Mempelajari dan memahami tentang instalasi *system mooring* dan properti peralatan yang dipakai dalam *system mooring*.

Perencanaan yang dilakukan dalam skripsi kali ini menggunakan sistem SPM (*Single Point Mooring*) yang akan di lakukan terhadap pontoon dengan dimensi sebagai berikut.

Tabel 3.1 Principal Dimension Buoy

Data Utama Buoy	
Principal Dimension	
Diameter =	6 m
H =	4 m
T =	2,5 m

Buoy yang akan dijadikan sebagai objek penelitian berbentuk silinder, memiliki diameter sebesar 6 meter, dengan tinggi 4 meter, dan *draft* setinggi 2,5 meter. Data utama tersebut akan dijadikan sebagai acuan dalam perhitungan tegangan *mooring*.

3. Studi Kepustakaan

Mempelajari dan memahami materi terkait dengan mooring system dan pengaruh lingkungan atau beban lingkungan yang menjadi beban pada kapal tersebut, dan juga mempelajari *rules* dan regulasi untuk perhitungannya.

Berdasarkan The Overseas Coastal Area Development Intitute Of Japan (OCDI).2002.PartII-DesignConditions.Japan, pengaruh yang akan mempengaruhi dalam sistem penambatan adalah pengaruh angin dan arus, serta tinggi pasang dan surut. Dalam memperhitungkan pengaruh angin dan arus yang mempengaruhi sistem penambatan, harus diketahui terlebih dahulu data lingkungan sekitar.

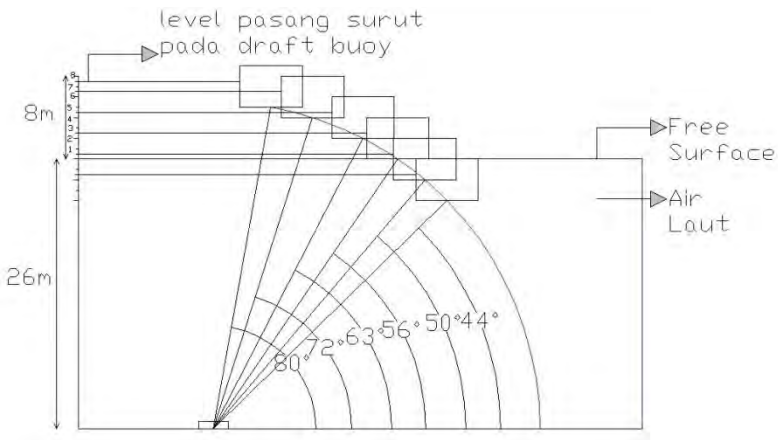
Tabel 3.2 Data lingkungan[5]

Data Lingkungan		
Masa Jenis Udara	1,2	kg/m ³
Masa Jenis Air	1,025	kg/m ³
Koef. Drag Angin (Cdw)	1,2	
Koef. Drag Arus (Cdc)	0,5	
Kecepatan angin	26,31	m/s
Kecepatan arus	0,76	m/s
Kedalaman	26	m

Berdasarkan Afriyansyah, Rezha., 2013, Perancangan Buoy Mooring System Untuk Loading Unloading Aframax Tanker Di Terminal Kilang Minyak Balongan. Jurusan Teknologi Kelautan ITS, menyebutkan bahwa data lingkungan yang ada di daerah balongan memiliki kecepatan angin sebesar 26.31 m/s, sedangkan untuk kecepatan arus sebesar 0.76 m/s.

4. Pembahasan

Pada tahap pembahasan akan dilakukan perhitungan *mooring line* pada pontoon yang tentunya juga dipengaruhi oleh beban lingkungan. Perhitungan ini mempunyai *range* yang sudah ditentukan agar lebih memfokuskan bahasan skripsi kali ini.



Gambar 3.2 Perencanaan ketinggian pasang surut dalam perhitungan

Dalam kondisi normal, kedalaman laut di daerah balongan adalah 26 meter. Untuk mengetahui kondisi ter-*ekstrem* dari kondisi pasang di laut balongan, akan direncanakan setinggi 8 meter, sehingga dapat diketahui sudut dari tali *mooring* yang menambat *buoy* tersebut. Ketinggian level dari pasang – surut inilah yang dapat dijadikan acuan untuk perhitungan tegangan *mooring*.

Setelah mengetahui tegangan *mooring* dalam kondisi *ter-ekstrim*, akan dilakukan pemilihan *wire rope*. Berdasarkan DNV Ch. 2 Sec.4 Standart wire yang dipakai di *offshore* harus sama dengan standart Round wire – ASTM A603, ASTM A586, EN 12485-10, EN10264-2, ISO 2232, API 9A/ISO 10425, Shaped wire – EN 10264-3.

5. Perencanaan

Setelah mengetahui perhitungan dari *mooring line*, maka akan dipilih bahan dan jenis *mooring line* itu sendiri berdasarkan *rules* DNV yang mengharuskan *wire rope* untuk penggunaan jenis IWRC. Selanjutnya setelah diketahui diameter dari *wire rope* tersebut dapat direncanakan dimensi *drum*. Setelah itu mulai merencanakan power dari motor yang akan digunakan untuk menarik *wire rope* tersebut.

6. Kesimpulan dan Saran

Mengambil kesimpulan dari perencanaan sistem otomatis tarik ulur pada *mooring system* kali ini. Memberikan saran yang membangun untuk mahasiswa terhadap skripsi yang telah diselesaikan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Lingkungan

Perhitungan untuk mencari beban pada tali *mooring* diperlukan data lingkungan. Data lingkungan digunakan untuk mengetahui berapa besar beban lingkungan yang ada di area tersebut. Kesimpulannya data lingkungan yang didapatkan akan menghasilkan suatu beban pada tali tambat dalam area tersebut.

Tabel 4.1 Data Lingkungan[5]

Data Lingkungan		
Masa Jenis Udara	1,2	kg/m ³
Masa Jenis Air	1,025	kg/m ³
Kecepatan angin	26,31	m/s
Kecepatan arus	0,76	m/s
Kedalaman	26	m

Data lingkungan diatas merupakan data lingkungan di area terminal minyak balongan. Terlihat bahwa pada area tersebut memiliki kecepatan angin 26,31 m/s dengan kecepatan arus sebesar 0,76 m/s. Area terminal minyak balongan memiliki kedalaman sedalam 26 meter.

Perhitungan beban pada tali *mooring* akan merujuk terhadap data lingkungan diatas. Perhitungan yang dilakukan akan mencakup beban lingkungan dengan beban angin, beban arus, dan beban pasang atau surutnya air laut.

4.2 Data Utama Kapal

Beban pada tali *mooring* juga dipengaruhi oleh besarnya objek yang akan di akan ditahan oleh tali *mooring* tersebut, dalam hal ini yaitu *buoy*. Jenis *buoy* yang digunakan adalah berbentuk silinder.

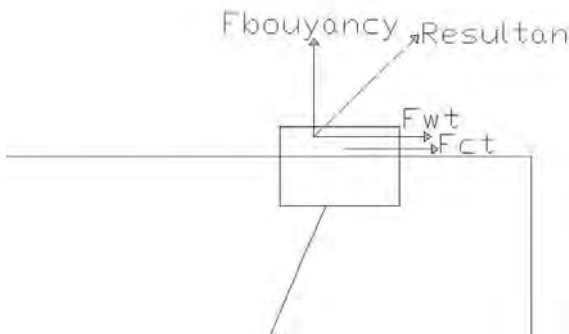
Tabel 4.2 Data Utama Buoy

Data Utama buoy	
Principal Dimension	
Diameter =	6 m
H =	4 m
T =	2,5 m

Buoy yang digunakan memiliki diameter 6 meter, tinggi 4 meter, dan untuk tinggi sarat dari kapal tersebut sebesar 2.5 meter. Pemilihan buoy ini berdasarkan type atau jenis *buoy* ini sendiri cocok digunakan untuk penanda pasang surut dan tanda bahaya dalam kawasan lepas pantai.

4.3 Perhitungan Berdasarkan Beban Lingkungan

Beban pada tali *mooring* disebabkan oleh gaya – gaya atau beban lingkungan yang menyentuh kapal yang ditambatkan. Adapun gaya tersebut adalah gaya dari beban arus, gaya dari beban angin, dan gaya dari beban pasang surutnya air laut.

**Gambar 4.1** Gaya – gaya yang bekerja pada *buoy*

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa resultan yang dihasilkan didapatkan dari F_{wt} , F_{ct} , dan $F_{bouyancy}$, dimana F_{wt} adalah gaya yang disebabkan oleh angin, F_{ct} adalah gaya yang

disebabkan oleh arus, dan $F_{bouyancy}$ adalah gaya *bouyancy* yang disebabkan dari *buoy* itu sendiri. Gaya yang diakibatkan oleh arus dan angin diasumsikan memiliki arah yang sama untuk melawan gerak dari *buoy*, sehingga perhitungan untuk hasil gaya dari Fwt akan ditambah dengan hasil gaya dari Fct. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

4.3.1 Perhitungan Pengaruh Beban Angin

Pada suatu struktur terapung akan menanggung gaya dari arah angin yang ada di dalam area tersebut. Berdasarkan The Overseas Coastal Area Development Intitute Of Japan (OCDI).2002.PartII-DesignConditions.Japan, pengaruh angin dari arah *longitudinal* dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{wt} = 0,5 \cdot \rho_a \cdot C_{Dw} \cdot A_{wt} \cdot U^2 [1]$$

Dimana :

F_{WT} = gaya akibat angin arah longitudinal (kN)

ρ = massa jenis udara yaitu 1,2 kg/m³

C_{Dw} = koefisien *drag* angin yaitu 1,2 (Tabel 2.1)

U = kecepatan angin yaitu 26,31 m/s

A_{WT} = luas bidang proyeksi *buoy* yang tidak basah (arah Longitudinal) (m²), untuk luas bidang yang tidak basah akan didapatkan dari perhitungan seperti berikut.

A1 = Luas bidang diatas garis air atau tidak basah, karena Pontoon tersebut memiliki bentuk silinder maka Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus Seperti berikut

$$= 2\pi r t / 2$$

$$= 2 \times 3,14 \times 3 \times (4 - 2,5)$$

$$= 14,13 \text{ m}^2$$

Dari perhitungan luasan diatas garis air diatas didapatkan luasan sebesar 14,13 m² . Selanjutnya dilakukan pehitungan pengaruh angin yang membebani luasan diatas garis air tersebut.

Pengaruh gaya angin dianggap hanya dari arah *longitudinal*, berikut perhitungannya.

$$F_{wl} = 0,5 \cdot \rho_a \cdot C_{Dw} \cdot A_{wt} \cdot U^2 \quad [1]$$

Dimana :

F_{WL} = gaya akibat angin arah longitudinal (kN).

ρ = massa jenis udara yaitu 1,2 kg/m³.

C_{Dw} = koefisien *drag* angin yaitu 1,2 (Tabel 2.1)

U = kecepatan angin yaitu 26,31 m/s

A_{WL} = luas bidang proyeksi *buoy* yang tidak basah arah longitudinal (m²) sebesar 14,13 m²

Maka dari perhitungan diatas didapatkan gaya angin dari arah melintang / longitudinal adalah sebesar 8802,912 N atau sebesar 8,802912 kN.

4.3.2 Perhitungan Pengaruh Beban Arus

Pada daerah lepas pantai kecepatan arus yang ada lebih besar daripada yang ada di pesisir pantai, hal ini membuat beban arus pada struktur terapung seperti kapal sangat berpengaruh. Berdasarkan The Overseas Coastal Area Development Intitute Of Japan (OCDI).2002.PartII-DesignConditions.Japan, pengaruh arus dari arah *longitudinal* dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{ct} = 0,5 \cdot \rho \cdot C_{Dc} \cdot A_{ct} \cdot V_t^2$$

Dimana :

F_{CT} = gaya akibat arus arah longitudinal (kN)

ρ = massa jenis air yaitu 1,025 kg/m³

C = koefisien tekanan arus yaitu 0,5 (Tabel 2.2)

V_T = kecepatan arus untuk gaya arah longitudinal 0,76 m/s

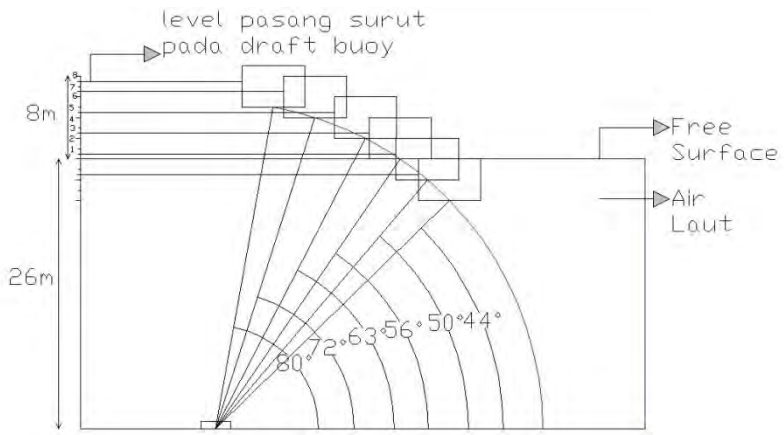
A_{CT} = luas bidang proyeksi pontoon yang basah arah longitudinal (m²), untuk luas bidang yang basah akan didapatkan dari perhitungan seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 &= \text{Luas bidang proyeksi longitudinal pontoon} \\
 &\quad \text{yang basah} \\
 &= 2\pi r t / 2 \\
 &= 2 \times 3,14 \times 3 \times 2,5 / 2 \\
 &= 23,55 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Maka hasil dari rumus diatas menghasilkan gaya arus dari arah longitudinal sebesar 6,971271 N atau sebesar 0.006971 kN.

4.3.3 Perhitungan Pengaruh Beban Pasang Surut

Pada saat pontoon ditambatkan dengan dasar laut, pontoon akan berarah sesuai kondisi air laut pada saat itu. Dalam perhitungan kali ini akan dilakukan perhitungan antara hubungan gaya – gaya yang bekerja di kapal seperti yang telah terhitung diatas dengan tingkat ketinggian pasang – surut air laut, yang nantinya akan menghasilkan sudut kemiringan dari tali *mooring* tersebut, dengan asumsi bahwa besar dari sudut tersebut mewakili dari tinggi pasang surut air laut. Tingkat ketinggian dari pasang air laut di kondisikan dengan beberapa level, antara lain 0,5;2,5;4,5;6,5;7,5 meter dan tingkat surut diambil -1,5 meter dari ketinggian normal kedalaman laut.



Gambar 4.1a Tingkat Pasang – Surut Untuk Penambatan

Berdasarkan tingkat ketinggian pasang – surut dengan panjang tali mooring yang sama, yaitu sepanjang 31,5 meter, menghasilkan beberapa jenis sudut yang nantinya akan dijadikan perhitungan untuk tegangan tali *mooring*.

Tabel 4.3 Variasi Ketinggian Pasang - Surut

Level Ketinggian Kondisi Pasang dan Surut	
Level Ketinggian	Sudut
7,5 m	80°
6,5 m	72°
4,5 m	63°
2,5 m	56°
0,5 m	50°
(-)1,5 m	44°

Berdasarkan tabel 4.3 diatas dapat diketahui sudut dari tali *mooring* yang paling kecil ketika terjadi surut dengan penurunan air laut setinggi – 1,5 meter. Sudut terbesar terjadi ketika air laut mengalami kondisi pasang setinggi 7,5 meter. Langkah selanjutnya yaitu menghitung tegangan tali. Sudut yang diambil untuk perhitungan kali berdasarkan tabel 4.3, yaitu 80°, 72°, 63°, 56°, 50°, 44° . Adapun sudut – sudut tersebut merupakan sudut vertikal dari tali *mooring* dengan *dasar laut*, dan sudut *horizontal* dianggap 0° , berikut perhitungannya.

$$R_m = \frac{F_{m, \max}}{\cos \theta_v \cdot \cos \theta_h}$$

Dimana

$F_{m, \max}$ = gaya *mooring* maksimum (kN).

R_m = gaya *mooring* pada titikambat (kN).

β_v = sudut vertikal tali

β_H = sudut horizontal tali

Adapun total dari gaya *mooring* dari arah *longitudinal* adalah

$$\begin{aligned} F_{m.\max} &= F_{cl} + F_{wt} \\ &= 6,971271 \text{ N} + 8802,912 \text{ N} \\ &= 8809,883 \text{ N} \end{aligned}$$

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan tegangan tali, yang mana nantinya akan diambil nilai terbesar sebagai patokan beban yang diderita oleh mooring tersebut sehingga dapat dipilih jenis *wire rope* yang akan digunakan dalam penambatan.

a) Sudut vertikal $\theta_{vl} = 44^\circ$
 Sudut horizontal $\theta_{hl} = 0^\circ$

$$R_m = \frac{8809,883}{\cos 44. \cos 0} = 12247,17 \text{ N}$$

b) Sudut vertikal $\theta_{vl} = 50^\circ$
 Sudut horizontal $\theta_{hl} = 0^\circ$

$$R_m = \frac{8809,883}{\cos 50. \cos 0} = 13705,48 \text{ N}$$

c) Sudut vertikal $\theta_{vl} = 56^\circ$
 Sudut horizontal $\theta_{hl} = 0^\circ$

$$R_m = \frac{8809,883}{\cos 56. \cos 0} = 15754,72 \text{ N}$$

d) Sudut vertikal $\theta_{vl} = 63^\circ$
 Sudut horizontal $\theta_{hl} = 0^\circ$

$$R_m = \frac{8809,883}{\cos 63. \cos 0} = 19405,43 \text{ N}$$

e) Sudut vertikal $\theta_{vl} = 72^\circ$
 Sudut horizontal $\theta_{hl} = 0^\circ$

$$R_m = \frac{8809,883}{\cos 72 \cdot \cos 0} = 28509,37N$$

- f) Sudut vertikal θ_{vl} = 80°
 Sudut horizontal θ_{hl} = 0°

$$R_m = \frac{8809,883}{\cos 80 \cdot \cos 0} = 50734,08N$$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan data seperti berikut.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Tegangan Mooring Line

Vertikal/Horizontal	0	Kn
44	12247,2	12,2472
50	13705,5	13,7055
56	15754,7	15,7547
63	19405,4	19,4054
72	28509,4	28,5094
80	50734,1	50,7341

Dari data diatas terlihat bahwa tali tambat akan mendapatkan gaya paling besar sebesar 50,7341 kN pada kondisi sudut tali tambat dengan dasar laut sebesar 80° atau dapat dikatakan kondisi pasang air laut setinggi 7,5 meter. Pada nilai gaya paling kecil yaitu 12,2472 kN berada pada kondisi 44° atau dapat dikatakan kondisi surut – 1,5 meter.

4.4 Pemilihan Wire Rope

Berdasarkan DNV Ch. 2 Sec.4 Standart wire yang dipakai di *offshore* harus sama dengan standart Round wire –, API 9A/ISO 10425 dan inti dari *rope* tersebut harus *independent wire rope (IWRC)*. Pemilihan *wire rope* kali ini berdasarkan

hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga diambil minimum breaking load dari perhitungan kondisi ter-ektrim yaitu diatas 50,7341 kN.

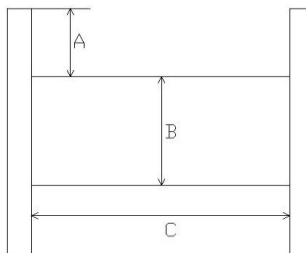
Tabel 4.5 Spesifikasi Wire Rope Yang Dipilih

Spesifikasi Wire Rope		
Jenis Wire	6x36	IWRC
Diameter tali	9,525	mm
Min. Break.Load	67,1648	kN
	7550	Kg
Perkiraan Beban per meter	0,39	kg/m

Pemilihan *wire rope* diatas diambil dari salah satu *brand* yang ada dipasaran, yaitu *southwest wire rope LP*. *Wire rope* ini memiliki diameter 9,525mm, dengan jenis IWRC 6 x 36, memiliki satu inti *core* yang dikelilingi 6 *strand*, yang dalam satu *strand* terdiri dari 36 *wire*.

4.5 Perencanaan Drum

Drum berfungsi sebagai penyimpan tali tambat atau *wire rope* yang nantinya akan dibutuhkan untuk sistem penambatan. Perlunya dilakukan perhitungan dimensi drum sehingga tali yang direncanakan dapat disimpan dengan baik. Adapun perencanaan panjang *wire rope* yang akan digulung di drum sepanjang 100 meter.



Gambar 4.2 Perencanaan Dimensi Drum

Berdasarkan balmoral marine handbook untuk diameter drum yang menyimpan gulungan *wire rope* IWRC 6 x 36 minimum diameter drum adalah $29 \times D$, sedangkan D adalah diameter dari *wire rope* [tabel 4.5]. Sehingga perhitungan akan seperti berikut.

1. Dimensi B dihasilkan dari perhitungan berikut
 $= 29 \times 9,525 \text{ mm}$
 $= 276,225 \text{ mm}$
 $= 0,276225 \text{ m}$
 Jadi B adalah $= 276,225 \text{ mm}$
2. Dimensi C direncanakan selebar 500mm, berarti dengan lebar 500mm dapat menampung jumlah lilitan *wire rope* sebanyak
 $= \text{lebar drum} / \text{diameter } \textit{wire rope}$
 $= 500 / 9,525$
 $= 52,49344 \text{ gulungan lilitan atau bisa disebut 52 lilitan}$
3. Untuk dimensi A, perencanaan akan dilakukan mulai dari perhitungan keliling dari diameter drum terlebih dahulu (bagian B).



Gambar 4.3 Diamater Drum

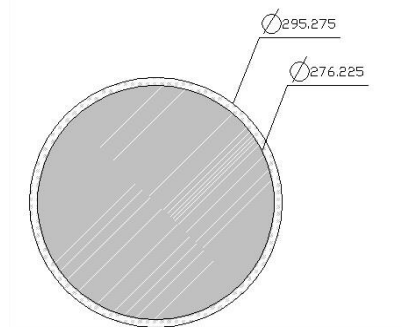
$$\begin{aligned}
 \text{Rumus keliling lingkaran} &= 2\pi r \text{ atau } \pi d \\
 &= 3,14 \times 276,225 \text{ mm} \\
 &= 867,3465 \text{ mm} \\
 &= 0,867347 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi dapat diketahui, dalam satu putaran lilitan *wire rope* yang mengelilingi lingkaran drum sudah dapat menghasilkan panjang sebesar 0,867347 meter, dalam layer pertama, sedangkan dalam satu layer terdapat 52 jejeran lilitan, maka

$$= 52 \times 0,867347$$

$$= 45,102 \text{ meter}$$

Untuk layer kedua, perhitungan luasan keliling dari lingkaran drum sudah berubah. Keliling lingkaran drum untuk layer kedua sudah ditambahi oleh *wire rope* dari layer pertama, sehingga perhitungan keliling memakai diameter terluar atau lebih jelasnya diameter drum ditambah diameter layer pertama.



Gambar 4.4 Diameter Drum Dengan Penambahan Satu Layer Wire

Sehingga didapatkan perhitungan seperti berikut

$$\text{Diameter layer kedua} = 276,225 + (2 \times 9,525)$$

$$= 295,275 \text{ mm}$$

Maka keliling diameter layer kedua adalah

Rumus keliling lingkaran $2\pi r$ atau πd

$$= 3,14 \times 295,275 \text{ mm}$$

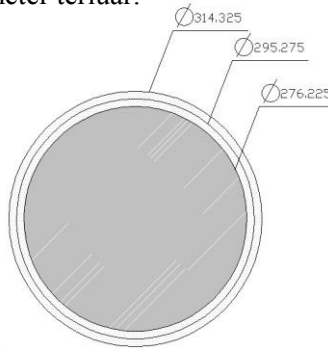
$$= 927,1635 \text{ mm}$$

$$= 0,927164 \text{ meter}$$

Perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa keliling dari diameter telah mengalami perubahan menjadi lebih besar, sehingga dapat diketahui dalam satu putaran lilitan *wire rope* yang mengelilingi lingkaran diameter drum ditambah layer pertama sudah dapat menghasilkan panjang sebesar 0,972164 meter (dalam layer kedua), sedangkan dalam satu layer terdapat 52 jejeran lilitan.

$$\begin{aligned}\text{Sehingga} &= 52 \times 0,972164 \text{ meter} \\ &= 50,553 \text{ meter}\end{aligned}$$

Selanjutnya adalah layer ketiga, perhitungan keliling dari lingkaran drum sudah berubah, karena keliling lingkaran drum drum sudah ditambahi oleh *wire rope* dari layer pertama, dan layer kedua, sehingga perhitungan keliling memakai diameter terluar.



Gambar 4.5 Diameter Drum Dengan Penambahan Dua Layer Wire

Sehingga didapatkan perhitungan seperti berikut

$$\begin{aligned}\text{Diameter layer ketiga} &= 295,275 + (2 \times 9,525) \\ &= 314,325 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka keliling diameter layer ketiga adalah

Rumus keliling lingkaran $2\pi r$ atau πd

$$= 3,14 \times 314,325$$

$$= 986,9805 \text{ mm}$$

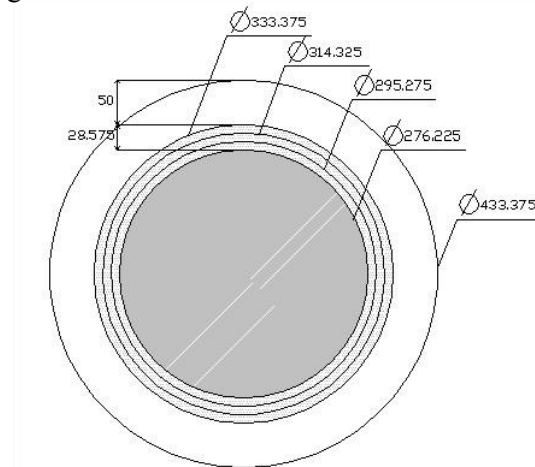
$$= 0,986981 \text{ meter}$$

Setelah mengetahui keliling diameter layer ketiga, dapat diketahui bahwa setiap *wire rope* yang melilit pada diameter terluar (diameter layer ketiga) sudah dapat menghasilkan 0,986981 meter. Perencanaan awal bahwa panjang *wire rope* yang akan gulung dalam drum adalah sepanjang 100 meter dan tali yang sudah ada di drum baik layer pertama adalah 45,10204 meter dan layer kedua adalah 50,55253 meter, sehingga total panjang *wire* yang sudah di drum sepanjang 95,65457 meter. Hal tersebut dapat diketahui bahwa sisa tali yang dibutuhkan adalah 4,34543 meter. Pada layer ketiga jumlah sisa lilitan yang ada di drum dapat dihitung seperti berikut.

$$= 4,34543 / 0,986981$$

= 4,402749 lilitan atau bisa dilakukan pembulatan sebanyak 5 lilitan

Berdasarkan perhitungan dari layer satu hingga layer ketiga, dapat direncanakan tinggi dari dimensi A yang terlihat pada gambar 4.2. Dimensi A dari drum harus memiliki tinggi lebih besar daripada tinggi layer ketiga yang tergulung dalam drum.



Gambar 4.6 Diameter Drum Dengan Penambahan Tiga Layer Wire Beserta Tinggi Dimensi A

Diketahui bahwa tinggi dari tiga lapisan layer tersebut adalah 28,575 mm, maka direncanakan tinggi dimensi A dengan penambahan 50 mm dari titik pusat utama, dengan diameter 433,375 mm. Bagian drum A memiliki fungsi melindungi atau memberi pengaman dari *wire rope* yang berada baik di sisi kanan ataupun disisi kiri.

4.6 Perencanaan Motor

Sebagai penggerak untuk memutar tali, baik menarik ataupun mengulur *wire rope*, motor capstan yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan seberapa cepat untuk menarik *wire rope* tersebut. Berikut perhitungan untuk mendapatkan daya motor berdasarkan M. Khetagurof yang dibutuhkan.

- a) Gaya tarik pada capstan (T_{wb})

$$T_{wb} = R_{br} / 6$$

$$R_{br} = \text{Beban putus tali tambat (tabel 4.5)}$$

$$\text{Sehingga } T_{wb} = 1258,333 \text{ kg}$$

- b) Putaran pada poros penggulung capstan (N_w)

$$N_w = \frac{19,1 \times V_w}{D_w + d_w}$$

Dimana :

$$V_w = 0,2 \text{ m/s}$$

$$d_w = \text{diameter tali tambat} = 9,525 \text{ mm}$$

$$D_w = \text{diameter penggulung tali} = 333,375 \text{ mm} \\ = 0,333375 \text{ m}$$

Untuk $D_w + d_w$, cukup diambil diameter yang paling luar / diameter layer ketiga yaitu 0,33338

Sehingga,

$$N_w = \frac{19,1 \times 0,2}{0,33338} = 11,45857 \text{ rpm}$$

c) Momen torsi penggulung (Mm)

$$Mm = \frac{Twbx(Dw + dw)}{2xIwx\eta_w}, Kgm$$

Dimana :

η_w = Effisiensi motor penggulung kapstan 0,9

I_w = N_w/N_w

N_m = Putaran motor kapstan jenis elektrik (800-1450)rpm

I_w = $1200/11,4586$
= 104,7251 rpm

Sehingga

$$Mm = \frac{1258,33x0,33338}{2x104,7251x0,9}, Kgm = 2,225386 \text{ kgm}$$

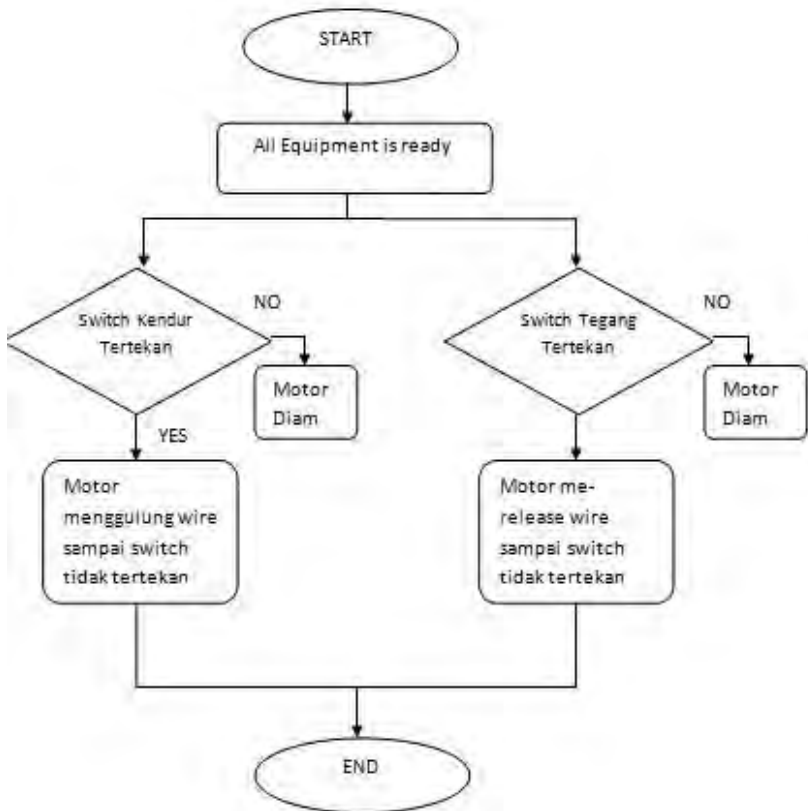
d) Daya motor kapstan (Ne)

$$Ne = \frac{MmxNm}{716,2}, hp$$

$$Ne = \frac{2,225386x1200}{716,2}, hp = 3,728655 \text{ hp} = 4,998 \text{ kW}.$$

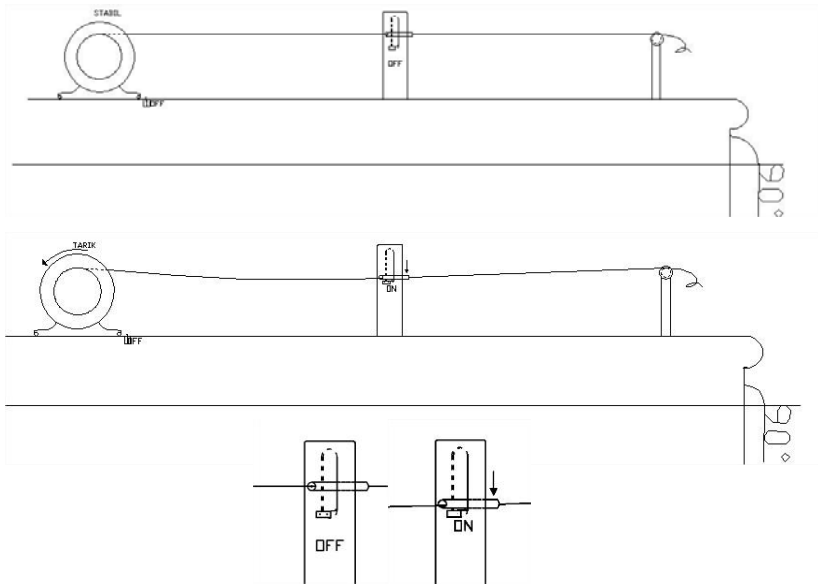
4.7 Perancangan Sistem Otomatis Dengan Software PLC

Dalam perancangan sistem otomatis untuk sistem tali tambat kali ini menggunakan *software* PLC (*Progamable Logic Control*). Pada sistem otomatis tarik ulur tambat secara otomatis kali ini memiliki 3 kondisi sebagai acuan, antara lain yaitu kondisi stabil / normal, kondisi tali tambat tegang, dan kondisi tali tambat tidak tegang / kendur. Sebelum pengerjaan dilakukan pada *software* PLC, dilakukan langkah kerja terlebih dahulu agar lebih memudahkan dalam pengerjaannya.



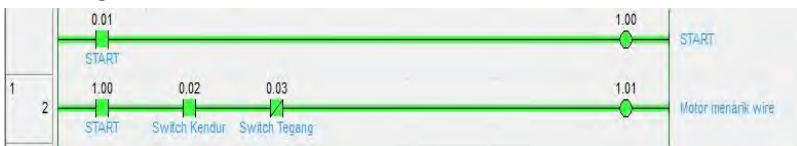
Gambar 4.7 Flowchart sistem otomatis tali tambat

Perencanaan sistem tali tambat otomatis memiliki dua buah switch sebagai indikator apakah motor tersebut harus menggulung atau *me-release wire rope* yang ada di drum. Seperti pada gambar 4.7, terlihat bahwa ketika switch kendur tertekan maka akan terlihat seperti gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 Kondisi dari normal ke kondisi *wire rope* kendur

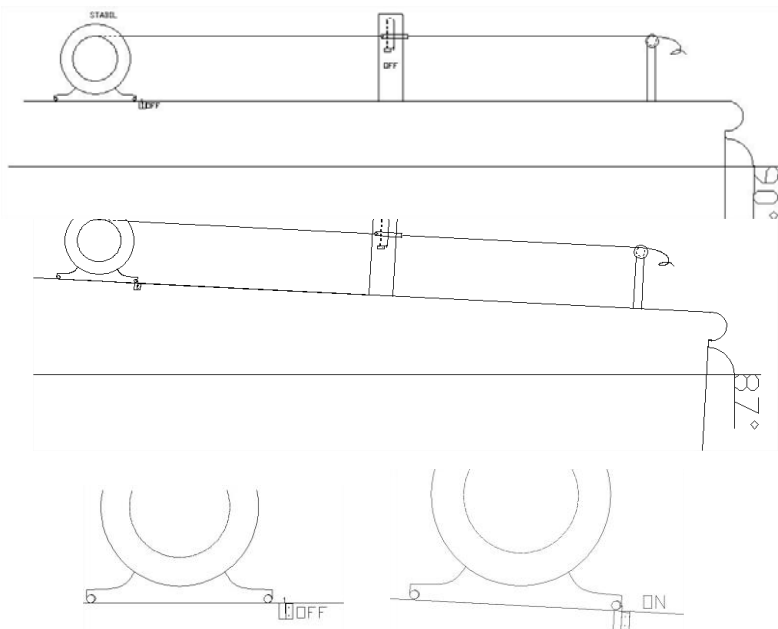
Wire rope yang terletak diatas switch, akan diselubungi oleh sebuah selubung berbentuk seperti pipa, yang mana selubung tersebut hanya dapat bergerak keatas dan kebawah sesuai dengan ketegangan dari *wire rope* itu sendiri. Ketika *wire rope* mengalami kekenduran, maka dengan otomatis selubung tersebut ikut terjatuh, sehingga mengenai switch yang terletak dibawahnya. Switch tersebut akan langsung memerintah motor untuk menggulung sampai switch tersebut tidak lagi tertekan.



Gambar 4.9 Ladder PLC yang akan bekerja pada saat switch kendur tertekan

Pembuatan ladder PLC digunakan agar dapat mengontrol arah putaran dari motor. Ladder ini nantinya akan di install dengan perangkat keras yang akan disambungkan dengan relay / switch yang ada di lapangan.

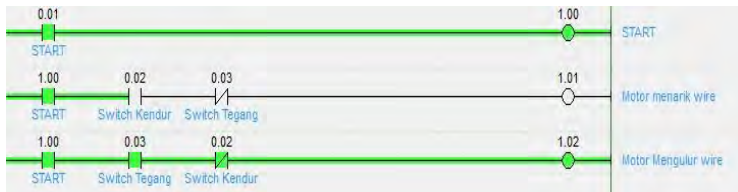
Pada kondisi selanjutnya yaitu ketika *switch* tegang tertekan. Kepala dari *switch* tegang diletakkan sejajar dengan kaki drum, yang mana drum yang dimaksud dilengkapi dengan sebuah roda dibawahnya.



Gambar 4.10 Kondisi normal ke kondisi *switch* tegang tertekan

Pada saat kondisi tegang otomatis *wire* akan memiliki tegangan lebih besar, sehingga jika *wire rope* tidak di *release* maka otomatis akan menggerakkan *buoy* jadi lebih condong beberapa derajat. Perencanaan disini memanfaatkan kecondongan dari *buoy* tersebut, yang dapat mengakibatkan

roda drum bergerak dan menyentuh *switch* yang diletakkan sejajar dengan kaki drum. Kaki drum disisi lain diberi perlengkapan berupa pegas, sehingga dapat mengembalikan drum pada posisi awal, dan *switch* tidak akan tertekan secara menerus.



Gambar 4.11 Ladder PLC yang akan bekerja pada saat switch tegang tertekan

Pada saat *switch* tegang tertekan, otomatis akan memerintah motor untuk *me-release wire rope*, sehingga ketika *wire rope* sudah di *release*, dengan otomatis keadaan pontoon kembali stabil dan *switch* tegang tidak lagi tertekan oleh roda kaki drum.

Buoy yang ditambah akan didesain tidak lebih dari radius 7 meter dari titik awal. Sebagai indikator bahwa *buoy* tidak melebihi daerah zona aman, tidak dapat menggunakan sistem *dynamic positioning*, karena *buoy* tidak memiliki sistem kemudi tersendiri, maka dari itu perlu adanya bantuan pantauan dari kapal sekitar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

5.1.1 Perhitungan Tegangan Mooring

Hasil perhitungan tegangan mooring menunjukkan bahwa jika sudut mooring tersebut semakin tegak lurus dengan dasar laut, maka tegangan akan semakin memiliki nilai yang tinggi. Nilai tegangan mooring pontoon paling tinggi terjadi ketika kondisi ter-ekstrim yaitu pasang setinggi 7,5 meter dengan sudut 80° , sehingga tegangan mooring sebesar 50,73kN.

5.1.2 Pemilihan Wire Rope

Wire rope dipilih berdasarkan tegangan mooring paling besar, atau bahkan pemilihan *breaking force* harusnya dilakukan lebih besar daripada beban yang ditanggung oleh *mooring line* pada kondisi ter-ekstrim. Pemilihan *wire rope* pada permasalahan kali ini diambil dari salah satu *brand* yaitu *southwest wire rope* LP dengan spesifikasi IWRC 6X36, diameter 9,525mm, dengan *minimum breaking force* 67,1648kN.

5.1.3 Perhitungan Dimensi Drum

Drum yang berfungsi sebagai penyimpan *wire rope* harus didesain sedemikian rupa agar *wire rope* dapat tergulung secara baik. Drum yang didesain memiliki diameter 276,225mm, dengan lebar drum 500mm, dan juga penambahan tinggi sebagai pengaman sisi kanan dan kirinya setinggi 50mm dari titik pusat.

5.1.4 Perencanaan Motor

Motor yang digunakan sebagai penggerak baik untuk menggulung atau *me-release wire rope* telah diperhitungkan berdasarkan gaya tarik pada kapstan dan juga torsi dari drum yang telah direncanakan. Motor yang akan digunakan memiliki daya 4,998 kW, dengan kecepatan menggulung 0,2 m/s.

5.1.5 Perencanaan Sistem Otomatis Tarik Ulur

Sistem otomatis pada perencanaan kali ini menggunakan dua buah sensor limit switch. Sensor pertama sebagai indikator jika tali mengalami pengendoran, dan sensor kedua sebagai indikator jika tali menegang. Sensor ini dengan otomatis memerintah motor, apakah motor tersebut berputar menggulung atau mengulur *wire rope* tersebut.

5.2 Saran

Pada perencanaan sistem otomatis kali ini sebaiknya dilakukan perhitungan lebih detail tentang material yang mempengaruhi perencanaan sistem otomatis, seperti kaki drum, pipa sebagai pemberat agar dapat menekan *limit switch*, dan juga sudut kemiringan pontoon ketika tegangan tali dapat menarik pontoon. Lokasi pontoon agar tidak melebihi batas aman juga harus direncanakan sedemikian rupa agar tidak tergantung dengan kapal lain yang ada disekitarnya.

General Catalog



"YOUR SINGLE SOURCE"

**FOR ALL YOUR LIFTING,
LOADING, LASHING & MOORING NEEDS**

WIRE ROPE / SYNTHETIC ROPE / RELATED HARDWARE / WIRE ROPE INSTALLATION SERVICES

ISO 9001:2008 ABS CERTIFIED

A DIVISION OF
HWC
HOUSTON WIRE & CABLE COMPANY

www.swwrinc.com

BALMORAL MARINE

Marine equipment handbook



[Click here to view contents menu](#)

www.balmoralmarine.com

**BALMORAL**
www.balmoral-marine.com

DRUMS AND PULLEYS

GENERAL PURPOSE WIRE ROPE

The diameter of a drum or pulley should not be less than 500 times the diameter of the outside wire of the rope. The groove radius of a pulley should be within the range 5% to 15% larger than $D/2$ with the optimum radius 10% greater than $D/2$. The recommended radius of a drum groove is 6% greater than $D/2$ - where D is the nominal rope diameter. The bottom of the grooves should be arcs of circles equal in length to one-third of the circumference of the rope. The depth of a groove in a pulley should be at least equal to one and a half times the rope diameter and the groove in a drum should not be less than one-third of the rope diameter.

The angle of flare between the sides of the sheaves should be approximately 52° but should be greater if the fleet angle exceeds 1.5° .

The clearance between neighbouring turns of rope on a drum should not be less than:

- 1.6mm for ropes up to 13mm diameter
- 2.4mm for ropes over 13mm and up to 28mm diameter
- 3.2mm for ropes over 28mm and up to 38mm diameter

In terms of rope diameters the sizes of drums and pulleys would be:

Rope construction round strand	Minimum pulley diameter
6 x 19 (9/9/1)	40 x D
6 x 19 (12/6+6F/1)	33 x D
6 x 36 (14/7&7/7/1)	29 x D
Multi-Strand	
17 x 7	18D
34 x 7	18D

Always refer to the wire rope manufacturers own recommendations.



Minimum Breaking Force of Wire Rope

6 x 36 Classification / Bright (Uncoated), Fiber Core

Nominal Diameter		Approximate Mass		Minimum Breaking Force*	
				EIPS**	
inches	mm	1b/ft	kg/m	tons	metric tonnes
1/4	6.4	0.11	0.16	3.02	2.74
5/16	7.9	0.16	0.24	4.69	4.25
3/8	9.5	0.24	0.35	6.72	6.10
7/16	11.1	0.32	0.48	9.10	8.26
1/2	12.7	0.42	0.63	11.8	10.7
9/16	14.3	0.53	0.79	14.9	13.5
5/8	15.9	0.66	0.98	18.3	16.6
3/4	19.1	0.95	1.41	26.2	23.8
7/8	22.2	1.29	1.92	35.4	32.1
1	25.4	1.68	2.50	46.0	41.7
1 1/8	28.6	2.13	3.17	57.8	52.4
1 1/4	31.8	2.63	3.91	71.1	64.5
1 3/8	34.9	3.18	4.73	85.5	77.6
1 1/2	38.1	3.78	5.63	101	91.6
1 5/8	41.3	4.44	6.61	118	107
1 3/4	44.5	5.15	7.66	137	124
1 7/8	47.6	5.91	8.80	156	142
2	50.8	6.72	10.0	176	160
2 1/8	54.0	7.59	11.3	197	179
2 1/4	57.2	8.51	12.7	220	200

* To convert to Kilonewtons (kN), multiply tons (minimum breaking force) by 8.896;
1 lb = 4.448 newtons (N).

** Minimum breaking forces listed above apply to ropes with bright or drawn galvanized wires. Minimum breaking forces are 10% lower for ropes with wires galvanized at finish size.

Drums - Plain (Smooth)

Installation of a wire rope on a plain (smooth) face drum requires a great deal of care. The starting position should be at the correct drum flange so that each wrap of the rope will wind tightly against the preceding wrap (**Fig. 8**). Here too, close supervision should be maintained during installation. This will help make certain that:

- 1) The rope is properly attached to the drum.
- 2) Appropriate tension on the rope is maintained as it is wound on the drum. Back tension applied to the rope during installation should be from 2 to 5% of the minimum breaking force of the rope being installed.
- 3) Each wrap is guided as close to the preceding wrap as possible, so that there are no gaps between wraps.
- 4) It is preferable to have at least three dead wraps remaining on the drum when the rope is unwound during normal operations. Two dead wraps are a mandatory requirement in many codes and standards. (consult your operators manual).

Loose and uneven winding on a plain (smooth) faced drum can and usually does create excessive wear, crushing and distortion of the rope. The results of such abuse are shorter service life and a reduction in the rope's effective strength. Also, for an operation that is sensitive in terms of moving and spotting a load, the operator will encounter control difficulties as the rope will pile up, pull and fall from the pile to the drum surface. The ensuing shock can break or otherwise damage the rope.

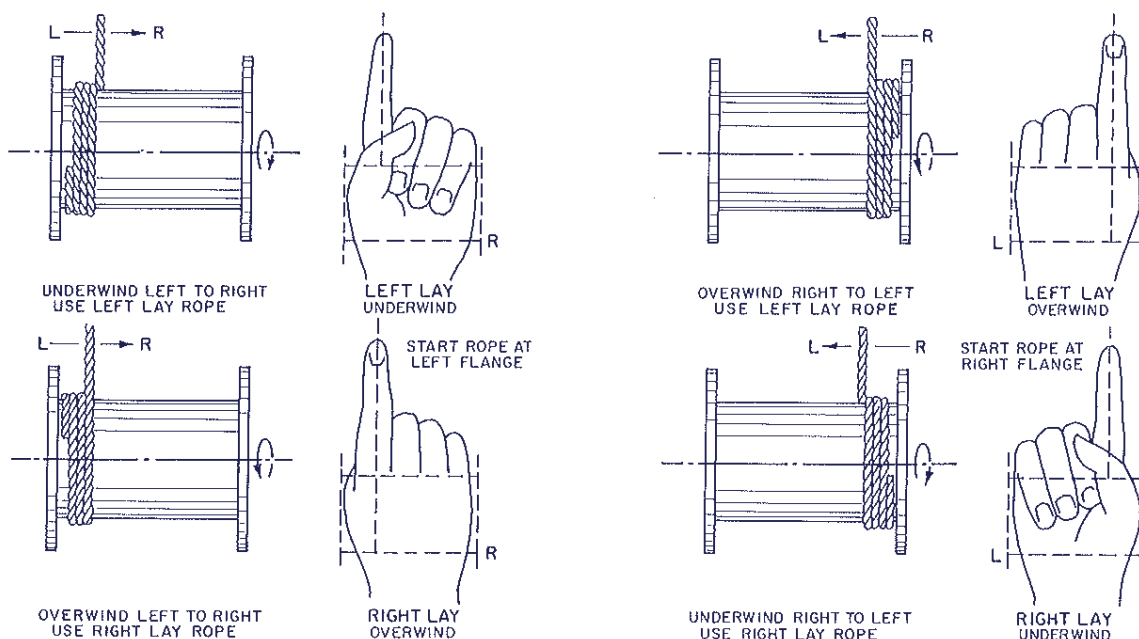


Figure 8. By holding the right or left hand with index finger extended, palm up or palm down, the proper procedure for applying left- and right-lay rope on a smooth drum can be easily determined.



OFFSHORE STANDARD DNV-OS-E304

OFFSHORE MOORING STEEL WIRE ROPES

APRIL 2009

*This booklet has since the main revision (April 2009) been amended, most recently in October 2009.
See the reference to “Amendments and Corrections” on the next page.*

DET NORSKE VERITAS

FOREWORD

DET NORSKE VERITAS (DNV) is an autonomous and independent foundation with the objectives of safeguarding life, property and the environment, at sea and onshore. DNV undertakes classification, certification, and other verification and consultancy services relating to quality of ships, offshore units and installations, and onshore industries worldwide, and carries out research in relation to these functions.

DNV Offshore Codes consist of a three level hierarchy of documents:

- *Offshore Service Specifications*. Provide principles and procedures of DNV classification, certification, verification and consultancy services.
- *Offshore Standards*. Provide technical provisions and acceptance criteria for general use by the offshore industry as well as the technical basis for DNV offshore services.
- *Recommended Practices*. Provide proven technology and sound engineering practice as well as guidance for the higher level Offshore Service Specifications and Offshore Standards.

DNV Offshore Codes are offered within the following areas:

- A) Qualification, Quality and Safety Methodology
- B) Materials Technology
- C) Structures
- D) Systems
- E) Special Facilities
- F) Pipelines and Risers
- G) Asset Operation
- H) Marine Operations
- J) Wind Turbines
- O) Subsea Systems

Amendments and Corrections

Whenever amendments and corrections to the document are necessary, the electronic file will be updated and a new Adobe PDF file will be generated and made available from the Webshop (<http://webshop.dnv.com/global/>).

Comments may be sent by e-mail to rules@dnv.com

For subscription orders or information about subscription terms, please use distribution@dnv.com

Comprehensive information about DNV services, research and publications can be found at <http://www.dnv.com>, or can be obtained from DNV, Veritasveien 1, NO-1322 Høvik, Norway; Tel +47 67 57 99 00, Fax +47 67 57 99 11.

© Det Norske Veritas. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, including photocopying and recording, without the prior written consent of Det Norske Veritas.

Computer Typesetting (Adobe FrameMaker) by Det Norske Veritas.

If any person suffers loss or damage which is proved to have been caused by any negligent act or omission of Det Norske Veritas, then Det Norske Veritas shall pay compensation to such person for his proved direct loss or damage. However, the compensation shall not exceed an amount equal to ten times the fee charged for the service in question, provided that the maximum compensation shall never exceed USD 2 million.
In this provision "Det Norske Veritas" shall mean the Foundation Det Norske Veritas as well as all its subsidiaries, directors, officers, employees, agents and any other acting on behalf of Det Norske Veritas.

Scope of the Offshore Standard

The DNV-OS-E304 replaces Certification Note 2.5 and gives requirements to materials, fabrication process, product quality and certification requirements for production of offshore mooring steel wire ropes and sockets.

Main changes:

- Requirements to forged sockets and duplex stainless steel pins have been included.
- Mechanical tests carried out on test coupons taken from full scale sockets are required.
- Clear division in requirements to steel wire ropes intended for mobile mooring and long term mooring.
- Modification with regard to requirements to corrosion protection for long term mooring.

- Revised requirements to performance criteria of socketing compound for long term mooring.
- More clear requirements to no. of breaking load tests to be carried out for long term mooring.
- General updating with regard to international standards and codes.
- The Approval of Manufacturer programme has been taken out of the standard, for inclusion into the Standards for Certification No.2.9.

- **Main changes as of October 2009**

Since the previous edition (April 2009), this document has been amended, latest in October 2009. All changes have been incorporated. The changes are considered to be of editorial nature, thus no detailed description has been given.

CONTENTS

CH. 1 INTRODUCTION	7	Sec. 4 Wire Rope Manufacture	18
Sec. 1 General.....	9	A. General.....	18
A. General.....	9	A 100 Scope	18
A 100 Introduction.....	9	A 200 Quality Plan	18
A 200 Scope and application	9	B. Manufacture	18
B. Normative References	9	B 100 Wire manufacture	18
B 100 General.....	9	B 200 Stranding and closing	18
B 200 Reference documents.....	9	B 300 Surface sheathing.....	18
C. Definitions	10	Sec. 5 Manufacture and Assembly of Sockets and Accessories	19
C 100 Verbal forms	10	A. General.....	19
C 200 Terms	10	A 100 Scope.....	19
CH. 2 TECHNICAL PROVISIONS	11	A 200 Quality plan	19
Sec. 1 General.....	13	B. Sockets and Pins	19
A. Introduction	13	B 100 General.....	19
A 100 Steel wire rope constructions.....	13	B 200 NDT	20
A 200 Corrosion protection measures	13	B 300 Repairs	20
A 300 Guidance for choice of wire rope construction.....	14	B 400 Corrosion protection	20
Sec. 2 Materials.....	15	C. Socketing	20
A. General.....	15	C 100 Socketing procedures.....	20
A 100 Scope.....	15	C 200 Verification of properties.....	20
B. Wires.....	15	D. Bend Stiffener.....	21
B 100 Manufacture	15	D 100 General.....	21
B 200 Chemical composition	15	Sec. 6 Tests of Steel Wire Rope Intended for Long Term Mooring.....	22
B 300 Quality and strength.....	15	A. General.....	22
B 400 Wire finish	15	A 100 Scope.....	22
C. Sockets and Pins	15	A 200 Description of tests	22
C 100 Manufacture	15	Sec. 7 Tests of Steel Wire Rope Intended for Mobile Mooring and Towing.....	23
C 200 Chemical composition	15	A. General.....	23
C 300 Heat treatment.....	15	A 100 Scope.....	23
C 400 Mechanical testing	15	A 200 Description of tests	23
C 500 Inspection.....	16	Sec. 8 Identification and Records	25
C 600 Repair.....	16	A. General.....	25
C 700 Identification	16	A 100 Identification.....	25
D. Socketing Compound	16	A 200 Records	25
D 100 General.....	16	CH. 3 CERTIFICATION AND CLASSIFICATION.....	27
E. Surface Sheathing	16	Sec. 1 Certification and Classification - Requirements	29
E 100 General.....	16	A. General.....	29
F. Bend Stiffener	16	A 100 Introduction.....	29
F 100 General.....	16	A 200 Certification and classification principles	29
G. Lubricating/Blocking Compound	16	A 300 Assumptions	29
G 100 General.....	16	A 400 Documentation requirements.....	29
Sec. 3 Design Assessment	17	B. Certification and Classification Requirements	29
A. General.....	17	B 100 General.....	29
A 100 Scope.....	17	B 200 Information to be supplied by the purchaser	29
A 200 Basic documentation	17	B 300 Design verification.....	29
B. Design Verification Criteria of Wire Rope.....	17	B 400 Approval of manufacturers	29
B 100 Strength and fatigue analysis	17	B 500 Survey during manufacture.....	29
B 200 Testing procedures.....	17	B 600 Certification of sockets	29
C. Design Verification Criteria of Socket	17	B 700 Certification of mooring steel wire ropes	29
C 100 Strength and fatigue analysis	17		
C 200 Testing procedures.....	17		



OFFSHORE MOORING STEEL WIRE ROPES

CHAPTER 1

INTRODUCTION

CONTENTS	PAGE
Sec. 1 General	9

SECTION 1 GENERAL

A. General

A 100 Introduction

101 This Offshore Standard contains criteria, technical requirements and guidance on materials, design, manufacture and testing of offshore mooring steel wire ropes, sockets and pins.

102 The standard has been written for general world-wide application. Governmental regulations may include requirements in excess of the provisions by this standard depending on the size, type, location and intended service of the offshore unit or installation.

103 The objectives of this standard are to:

- provide an internationally acceptable standard of safety by defining minimum requirements for offshore mooring steel wire ropes, sockets and pins
- serve as a contractual reference document between manufacturers and purchasers
- serve as a guideline for designers, suppliers, purchasers and regulators
- specify procedures and requirements for offshore mooring steel wire ropes, sockets and pins subject to DNV certification and classification.

104 This standard is divided into three main chapters:

- *Chapter 1:* Section 1 with general information, scope, definitions and references
- *Chapter 2:* Sections 1 and 2 with technical provisions
- *Chapter 3:* Sections 1 to 4 giving specific procedures and requirements applicable for certification and classification in accordance with this standard. Also, requirements to design verification are given.

A 200 Scope and application

201 The mooring steel wire ropes, sockets and pins specified herein are intended for position mooring applications such as: mooring of mobile offshore units, mooring of floating production units, mooring of offshore loading systems, and mooring of gravity base structures during fabrication.

202 This standard covers:

- stranded ropes and spiral ropes
- sockets and pins including socketing performance criteria and socketing procedures.

B. Normative References

B 100 General

101 The standards in Table B1 include provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this offshore standard. Latest issue of the standards shall be used unless otherwise agreed.

102 Other recognised standards may be used provided it can be demonstrated that these meet or exceed the requirements of the standards in Table B1.

103 Any deviations, exceptions and modifications to the design codes and standards shall be documented and agreed between the supplier, purchaser and verifier, as applicable.

B 200 Reference documents

201 Applicable reference documents are given in Table B1.

Table B1 Normative references	
No.	Title
ASTM E112	Test methods for determining average grain size
EN 10016-4	Non-Alloy Steel Rod for Drawing and/or Cold Rolling. Part 4: "Specific Requirements for Rod for Special Applications"
DNV-OS-E301	Position Mooring
DNV-OS-E302	Offshore Mooring Chain
DNV-OS-F101	Submarine Pipeline Systems
DNV-OS-B101	Metallic Materials
DNV-OS-C401	Fabrication and Testing of Offshore Structures
ISO 9712	Non-destructive testing – Qualification and certification of personnel
EN 473	Non destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel - General principles
SNT-TC-1A (ASNT)	Personnel Qualification and Certification in Non-destructive Testing
API RP 2SK	Recommended Practice for Design and Analysis of Station-keeping Systems for Floating Structures
EN 10228-1/3	Non-destructive testing of steel forgings
ASTM A275	Standard practice for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings
ASTM A388	Standard Practice for Ultrasonic Examination of Heavy Steel Forgings
ASTM E709	Standard Guide for Magnetic Particle Examination
ASTM A609	Standard Practise for Castings, Carbon, Low-Alloy and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof
ISO 17893	Steel wire ropes – Vocabulary, designation and classification
API Spec 9A / ISO 10425	Steel wire ropes for the petroleum and natural gas industries – Minimum requirements and terms for acceptance
ASTM A703	Steel Castings, General Requirements for Pressure – Containing Parts
EN 10204:2004	Metallic Products – Types of Inspection Documents
ISO 16120-4	Non alloyed steel wire rod for conversion to wire: Part 4 "Specific requirements for wire rod for special applications"
EN 1179:1995	Zinc and zinc alloys – Primary zinc
ASTM A586	Zinc Coated Parallel and Helical Structural Strand and Zinc Coated Wire for Spun-in-Place Structural Strand

Table B1 Normative references (Continued)

No.	Title
ASTM A856	Standard Specification for Zinc-5% Aluminium-Mischmetal Alloy-Coated Carbon Steel Wire
ASTM A487M	Specification for Steel Castings suitable for Pressure service
ISO 3178	Steel wire ropes for general purposes – Terms of acceptance
EN 10083-1	Steels for quenching and tempering – Part 1: General delivery conditions
EN 10088-2	Stainless Steels – Part 2: “Technical Delivery Conditions for Sheet/Plate and Strip of corrosion resistant steels for general purposes”.
ASTM D1248	Standard Specification for Polyethylene Plastics Moulding and Extrusion Materials
ISO 4346	Steel wire ropes for general purposes – Lubricants – basic requirements
EN 10264-3	Steel wire and wire products – Steel wire for ropes – Part 3: “Round and shaped non alloyed wire for high duty applications”.
EN 10218	Steel Wire and Wire products – General: Part 1 “Test Methods”
EN 10264-2	Steel wire and wire products – Steel wire for ropes – Part 2: Cold drawn non alloyed steel wire for ropes for general applications
ASTM A603	Standard Specification for Zinc-Coated Steel Structural Wire Rope
ISO 2232	Round drawn wire for general purpose non-alloy steel wire ropes and for large diameter steel wire ropes - Specifications
ISO 3108	Steel wire rope for general purposes – determination of actual breaking load
ISO 604	Plastics – Determination of compressive properties
ISO 17558	Socketing procedures for wire ropes – resin socketing
EN 59	Method of testing plastics
EN 12385-10	Steel wire ropes – Safety – Part 10: “Spiral ropes for general structural applications”

C. Definitions

C 100 Verbal forms

101 *Shall*: Indicates requirements strictly to be followed in order to conform to this standard and from which no deviation is permitted.

102 *Should*: Indicates that among several possibilities one is recommended as particularly suitable, without mentioning or excluding others, or that a certain course of action is preferred but not necessarily required. Other possibilities may be applied subject to agreement.

103 *May*: Verbal form used to indicate a course of action permissible within the limits of the standard.

104 *Agreement, agreed or by agreement*: Unless otherwise indicated, agreed in writing between manufacturer and purchaser.

C 200 Terms

201 *Purchaser*: The owner or another party acting on his behalf, who is responsible for procuring materials, components or services intended for the design, fabrication or modification of a unit or installation.

202 *Manufacturer*: The party who is contracted to be responsible for planning, execution and documentation of manufacturing.

203 *Non-destructive testing (NDT)*: Visual inspection, radiographic testing, ultrasonic testing, magnetic particle testing, penetrant testing and other non-destructive methods for revealing defects and irregularities.

204 *Mobile mooring*: Anchoring at a specific location for a period less than 5 years.

205 *Long term mooring*: Mooring of a unit at the same location for more than 5 years.

206 *Unit*: is a general term for an offshore installation such as ship-shaped, column-stabilised, self-elevating, tension leg or deep draught floater.

207 *Stranded rope*: assembly of several strands laid helically in one (single-layer rope) or more (rotation-resistant or parallel-closed rope) layers around a core or centre e.g. 6 × 19, 6 × 36, 6 × 61.

208 *Spiral rope*: assembly of at least two layers of wires laid helically over a centre round wire, built-up strand or parallel-lay strand, with at least one layer of wires being laid in the opposite direction, i.e. contra-lay, to that of the outer layer(s) e.g. spiral strand, half locked coil, full locked coil.

209 *Wire tensile strength grade*: level of requirement of tensile strength of a wire and its corresponding range, designated by the value according to the lower limit of tensile strength and used when specifying wire and when determining the calculated minimum breaking load or calculated minimum aggregate breaking load of a rope.



OFFSHORE MOORING STEEL WIRE ROPES

CHAPTER 2

TECHNICAL PROVISIONS

CONTENTS	PAGE
Sec. 1 General	13
Sec. 2 Materials	15
Sec. 3 Design Assessment	17
Sec. 4 Wire Rope Manufacture	18
Sec. 5 Manufacture and Assembly of Sockets and Accessories	19
Sec. 6 Tests of Steel Wire Rope Intended for Long Term Mooring	22
Sec. 7 Tests of Steel Wire Rope Intended for Mobile Mooring and Towing	23
Sec. 8 Identification and Records	25

SECTION 1 GENERAL

A. Introduction

A 100 Steel wire rope constructions

101 Steel wire rope segments of mooring lines could be of various constructions as shown in Figure 1. Other type of constructions may also be used if relevant experience can be documented.

102 The stranded rope constructions include a number of strands wound in the same rotational direction around a centre core to form the wire rope. The number of strands and wires in each strand (e.g. 6×19 , 6×36 , 6×61) are governed by required strength and bending fatigue considerations for the wire rope. This construction generates torque as tension increases.

103 The torque balanced spiral rope constructions (spiral strand, half locked and full locked coils) do not generate significant torque with tension changes. These constructions use layers of wires (or bundles of wires) wound in opposing directions to obtain the torque balanced characteristics. The half locked and full locked coil constructions consist of one or more layers of shaped wires over the basic spiral rope construction resulting in a design more resistant to the ingress of corrosion media. The shaped layer(s) of wires will also prevent any outer wire fracture from unwinding. These constructions will normally give higher load capacity related to nominal diameter due to the increased metallic area, compared to other constructions.

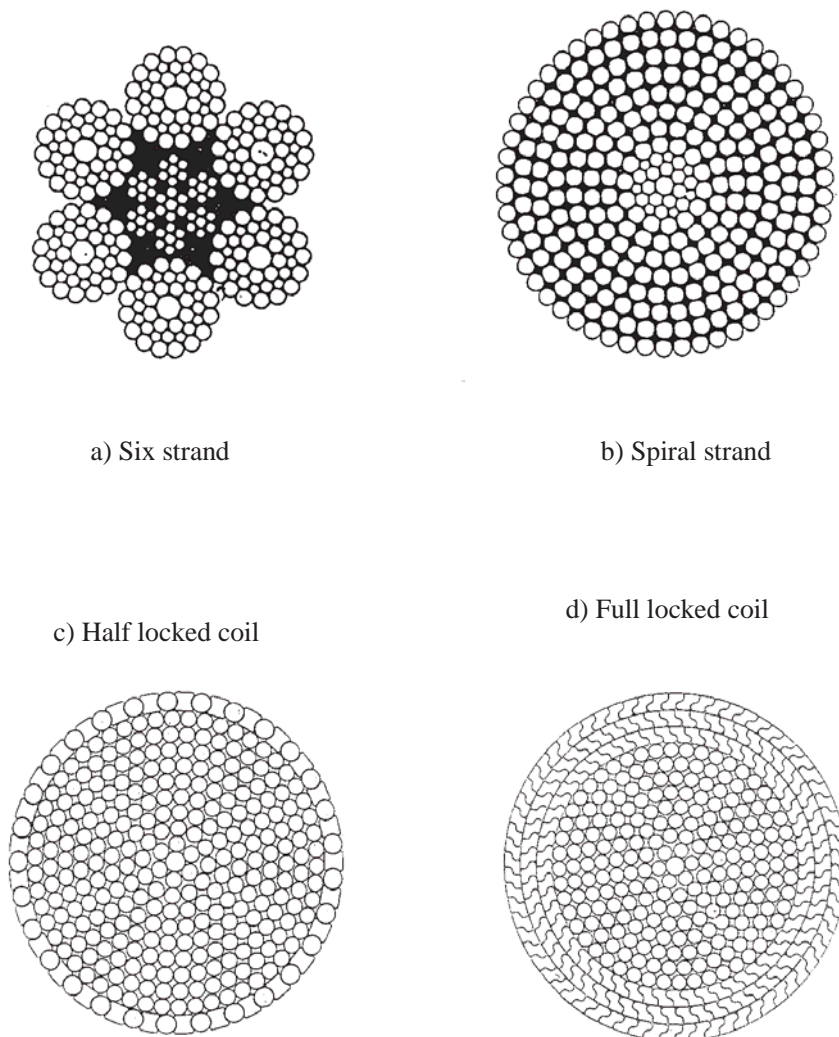


Figure 1
Steel wire rope constructions

A 200 Corrosion protection measures

201 A common design requirement is that wire rope segments in mooring lines are to be protected against corrosion attacks throughout the design life. The wire rope is therefore assumed to be fully protected such that its fatigue life

approaches that in air. This is normally ensured by the following measures or combinations thereof:

- Sacrificial coating of wires.
- Application of a blocking compound on each layer of the strand during stranding. The compound should fill all

crevices in the wire rope, strongly adhere to wire surfaces and have good lubricating properties.

- Surface sheathing of the wire rope by an extruded plastic jacket in order to prevent ingress of sea water and flushing out of blocking compound.

202 The ends of each wire rope segment are normally to be terminated with sockets. Resin shall be used for pouring the sockets. For long term mooring the sockets should be provided with bend stiffeners (bend limiting devices). This is to protect the wire ropes from bending during installation operations when the bending radii are close to the minimum allowed value. To prevent water ingress in the socket a sealing system may be incorporated in the device.

A 300 Guidance for choice of wire rope construction

301 For long term mooring spiral ropes are normally used. These ropes maximise the available steel area and provide high strength to size ratio, high axial stiffness and limited rotation under load (i.e. torque balanced as mentioned above). Further, these constructions are considered to have high corrosion resistance since a lower proportion of steel wire area is exposed and the ingress of water to the centre of the rope is more difficult than with stranded ropes. Also, the closed and compact design of these ropes are very suitable to jacketing for added corrosion protection. Within this type of ropes half locked and full locked coil constructions have a higher wear

resistance than spiral strands because of the compact, near cylindrical surface. However, these are stiffer constructions and may, depending on the number of shaped wire layers, require more care during handling and installation. Locked coil ropes also require a larger bending radius than other constructions.

302 For mobile mooring stranded ropes are most commonly used. However, due to their flexibility, they may also be used in long term mooring systems as for example the upper short segment which is subject to winching damage, fairlead bending fatigue and splash zone corrosion. In these mooring systems stranded ropes may be considered as a “consumable” item which can be replaced every few years, whereas the lower segments are not intended to be replaced

303 Type of rope construction and extent of corrosion protection must be a case to case evaluation depending on factors like design life, level of bending stresses, environmental conditions, position of the wire rope segment in the mooring system and possibilities for replacement of the wire rope segment.

304 In DNV-OS-E301 Sec.2 Table E2 guidelines for choice of wire rope construction as a function of field design life and possibilities for replacement have been given. However, it should be emphasized that this table is a rough guidance and that there are no distinct limits of use for each construction.

SECTION 2 MATERIALS

A. General

A 100 Scope

101 These requirements apply to steel and plastic materials used for the manufacture of offshore mooring steel wire ropes, sockets and pins.

102 The requirements given in E, F, and G are relevant for steel wire ropes in long term mooring lines.

B. Wires

B 100 Manufacture

101 The steels shall be manufactured by an electric or one of the basic oxygen processes or any other agreed process involving secondary refining.

102 The steels shall be killed and fine grain treated. The austenite grain size of the bar used for drawing of wire shall be 5 or finer in accordance with ASTM E112. The fine grain size requirement shall be deemed to be fulfilled if the steels contain Al, Nb, V or Ti, either singly or in any combination, as follows: When Al is used singly, the minimum total content shall be 0.020% or, alternatively, the Al to N ratio shall be minimum 2:1. When Al and Nb are used in combination, the minimum total Al content shall be 0.015% and the minimum Nb content shall be 0.010%. When Al and V are used in combination, the minimum total Al content shall be 0.015% and the minimum V content shall be 0.030%.

B 200 Chemical composition

201 The chemical composition shall be in accordance with EN 10016-4 or ISO 16120-4. Equivalent standards may be used subject to agreement.

B 300 Quality and strength

301 The wire shall be of homogenous quality, consistent strength and free from visual defects likely to impair the performance of the rope.

B 400 Wire finish

401 For spiral ropes the wire shall be hot dip coated or equivalent after final drawing. Wires for stranded ropes may be drawn coated or equivalent. In the case of galvanising, the zinc coating shall be continuous and of reasonably uniform thickness and shall comply with EN 1179:1995 grade Z3. Zn-Al alloys shall comply with ASTM B750, with or without Mischmetal.

402 For spiral ropes the minimum weight of zinc coating shall be in accordance with ASTM A586 Class A.

403 Stranded ropes shall at least conform to the standard to which the wire has been manufactured (API 9A/ISO 10425, EN 10264-2, ISO 2243 or equivalent).

C. Sockets and Pins

C 100 Manufacture

101 The steels shall be manufactured as given in B100. The prior austenite grain size of ferrite steel castings and forgings shall be 5 or finer in accordance with ASTM E112.

102 The manufacturer shall ensure that effective manufac-

ture and process controls are implemented in production. Where deviation from the controls occurs and this could produce products of inferior quality, the manufacturer shall investigate to determine the cause and establish countermeasures to prevent its recurrence. Investigation reports to this effect shall be made available to the purchaser on request

C 200 Chemical composition

201 Castings shall comply with the requirements of ASTM A487M Grade4 or equivalent. Grade 10 or equivalent may be used for sockets with large sections subject to agreement.

202 Forgings shall comply with 34CrNiMo6 according to EN 10083-1 or equivalent.

203 Pins may be cast, forged or rolled (wrought). If duplex material is used, it shall comply with EN 10088-2 Grade 1.4462 or ASTM A276 S31083. Super duplex material shall satisfy the requirements given for EN 10088-2 Grade 1.4501 or ASTM A276 S32760.

C 300 Heat treatment

301 Materials shall be heat treated for mechanical properties as specified in C400. Heat treatment shall be carried out in a properly constructed furnace which is efficiently maintained and has adequate means for temperature control and is fitted with recording-type pyrometers. The furnace dimensions shall be such as to allow the whole furnace charge to be uniformly heated to the necessary temperature.

302 Sufficient thermocouples shall be connected to the furnace charge where it is composed of forged or cast components. Normally, thermocouples should be connected by capacitor discharge welding.

303 Records shall identify the furnace used, furnace charge, date, temperature and time at temperature.

304 The manufacturer shall ensure that the specified heat treatment is adhered to. Where deviation from the specified heat treatment occurs, the manufacturer shall ensure that affected products are tested or submitted to reheat treatment and that an investigation is carried out according to C102.

C 400 Mechanical testing

401 Sockets and pins shall be sampled for mechanical testing as detailed in Sec.5 B100.

402 Sample material and test pieces shall be marked to identify them with the products represented.

403 The preparation of test pieces and the procedures used for mechanical testing shall comply with the relevant requirements of DNV-OS-B101.

404 The tensile test value shall satisfy the requirement of the actual material. In addition, the socket materials shall satisfy a Charpy V-notch energy of 50J at -20°C.

405 If the results from tensile testing do not meet the specified requirements, two further tensile tests may be made from the same sample. If both of these additional tests are satisfactory, the test unit may be accepted.

406 If the results from a set of three impact test pieces do not meet the specified requirements, three additional test pieces from the same sample may be tested and the results added to those previously obtained to form a new average. If this new average complies with the requirements and if not more than two individual results are lower than the required average and, of these, not more than one result is below 70% of the specified average value, the test unit may be accepted.

407 Where forgings or castings and the associated test material are submitted to re-heat treatment, they may not be re-austenitised more than twice. All the tests previously performed shall be repeated after re-heat treatment and the results must meet the specified requirements.

C 500 Inspection

501 Materials are subject to, non-destructive testing (NDT) and measurements of dimensions as detailed in Sec.5. The manufacturers shall prepare written procedures for NDT. NDT personnel shall be qualified and certified in accordance with recognised standards or schemes, e.g. ISO 9712, EN 473, SNT-TC-1A or equivalent. NDT operators shall be qualified to at least level II.

502 NDT shall be performed in accordance with the general practice of recognised standards, e.g.:

Magnetic particle testing (MT) of forgings:	EN 10228-1, ASTM A275, using wet continuous magnetization technique
Ultrasonic testing (UT) of forgings:	EN 10228-3, ASTM A388
Magnetic particle testing (MT) of castings:	ASTM E709, using wet continuous magnetization technique
Ultrasonic testing (UT) of castings:	ASTM A609

503 UT of forgings or castings shall be carried out at an appropriate stage after the final heat treatment for mechanical properties and prior to machining operations that limit effective interpretation of the results of the testing.

C 600 Repair

601 Surface defects may be removed by grinding as detailed in Sec.5 B300. The resulting grooves shall have a bottom radius of approximately three times the depth and shall be blended into the surrounding surface to avoid any sharp contours. Complete elimination of the defective material shall be verified by suitable NDT.

602 Except as provided for steel castings, repair by welding is not permitted.

C 700 Identification

Each forging or casting shall be suitably identified with at least the following:

- identification number, heat number or other marking that will enable the history of the item to be traced
- steel grade designation.

D. Socketing Compound

D 100 General

101 A resin socketing system shall be used. The following performance criteria shall be met:

Table 1: Performance criteria	
Compressive strength:	min. 100 N/mm ²
Modulus of elasticity:	min. 6 000 N/mm ²
Barcol hardness:	min. 36
Specific gravity:	1.55 – 1.95

102 Whenever possible, the pouring of all sockets should be accomplished using one master batch of resin i.e. all the kits shall have the same unique batch number.

E. Surface Sheathing

E 100 General

101 Where required by the purchaser, a medium or high density plastic material preferably polyethylene in accordance with ASTM D 1248 or equivalent shall be used as surface sheathing. Material data shall be documented by the manufacturer.

102 The sheathing should have a light colour in order to improve possibilities for video inspection of the wire rope surface in submerged condition. An axial stripe should be provided on the sheathing to control possible twisting of the wire rope.

F. Bend Stiffener

F 100 General

101 Where required by the purchaser, a plastic material (preferably polyurethane), should be used as bend stiffeners. Material data shall be documented by the manufacturer.

G. Lubricating/Blocking Compound

G 100 General

101 The lubricating/blocking compound shall be stiff but not solid, and shall have good adhesive properties over the actual operating temperature range. The compound shall be compatible with the sheathing material and shall have long term durability with sea water. Further, the compound shall comply with the basic requirements given in ISO 4346 or equivalent standards.

SECTION 3 DESIGN ASSESSMENT

A. General

A 100 Scope

101 This section covers requirements to basic documentation and testing procedures in order to perform a design check and issue Design Verification Reports (DVR) for the actual wire rope construction and socket.

A 200 Basic documentation

201 The design verification aims at confirming that the proposed wire rope construction and socket design satisfy the specified design conditions, codes and standards.

202 The work consists of review of calculations, drawings and other data supplied by the manufacturer documenting the strength and serviceability of the actual wire rope construction and socket.

203 The following information is required as a minimum:

- list of design codes and standards including purchaser's specifications
- purchaser supplied design premises including imposed loads and excursions at the end of the line and other relevant design data
- strength and fatigue calculations for the ropes and sockets including dynamic loading
- details of all rope, socket, and plastic materials including mechanical, corrosion resistance and fatigue properties
- details and calculations for corrosion protection methods
- applicable drawings for ropes and sockets including bill of materials
- a summary of service experience where available.

204 It is assumed that materials and rope/socket test data will be made available to the purchaser as and when required.

B. Design Verification Criteria of Wire Rope

B 100 Strength and fatigue analysis

101 The calculated static strength of the wire rope shall be at least equal to or exceed the minimum certified breaking load.

102 Fatigue calculations should be carried out according to DNV-OS-E301 or equivalent standards subject to agreement.

B 200 Testing procedures

201 The conditions for acceptance is that testing of the wire

rope construction is found to be satisfactory. For acceptance one break load test from the first manufactured length shall be carried out as follows:

- Prior to the break load test an elastic modulus test shall be performed on the test sample. The sample shall be loaded (cycled) until full stabilisation is reached. The load/extension and permanent stretch shall be recorded and reported.
- Load test of the sample to the minimum certified breaking load.

202 The wire rope construction will be considered to have passed test a) if the permanent elongation of the rope is less than 0,4% for a spiral rope and 0,8% for a stranded rope and test b) if the test sample equals the minimum certified breaking load.

203 For the above test, the sample does not require actual production sockets to be fitted.

C. Design Verification Criteria of Socket

C 100 Strength and fatigue analysis

101 The strength of the socket and pin shall be at least that of the minimum certified breaking load of the rope. The fatigue strength should be evaluated against the design life of the mooring system.

C 200 Testing procedures

201 The conditions for acceptance is that testing of the sockets and pins is found to be satisfactory. For acceptance one socket shall be tested. The same methods, procedures and materials shall be used to connect the rope to the socket as those used to produce the rope/socket connection for in-service use. The following test is required:

202 Loading of the socket and pin to the minimum certified breaking load of the wire rope for a duration of 30 seconds followed by MT inspection of the pin and defined critical areas of the socket.

203 The socket will be considered to have passed the test if the following is satisfied:

- a) The pin can be removed from the socket and replaced without unreasonable application of force.
- b) The MT passes the requirements in Sec.5 B200.

SECTION 4 WIRE ROPE MANUFACTURE

A. General

A 100 Scope

101 This section covers tests to be carried out on wires and general manufacturing requirements of wire ropes.

A 200 Quality Plan

201 Prior to manufacturing a Quality Plan shall be established by the manufacturer and accepted by the purchaser. The Quality Plan shall describe activities to be performed, frequency and type of inspection/tests, criteria to be met as well as give reference to applicable controlling documents.

B. Manufacture

B 100 Wire manufacture

101 The wire shall be manufactured to one of the following wire standards or to an equivalent standard:

Round wire – ASTM A603, ASTM A586, EN 12485-10, EN 10264-2, ISO 2232, API 9A/ISO 10425

Shaped wire – EN 10264-3.

102 The minimum tensile strength of the wire shall be the tensile strength grade ordered. The tensile strength grade of the wires shall be maximum 2 160 N/mm². If the upper tensile strength limit is not defined by the wire standard, it shall not exceed the minimum tensile strength by more than 260 N/mm².

103 If any of the specified wire tests fail to meet the actual specification, a further two test samples shall be selected from the same wire bundle and tested. If both tests meet the specification, the wire bundle is accepted as satisfactory.

104 If any of the above tests are performed on wires taken from an already manufactured wire rope, the testing shall follow the requirements of ISO 3178 or equivalent.

B 200 Stranding and closing

201 The wire ropes shall be manufactured in accordance with the assessed and accepted design (see Sec.3). Winding, stranding and closing operations are to be carried out as detailed in the accepted Quality Plan.

202 The core of a stranded rope shall normally be an independent wire rope (IWRC).

203 Each wire rope segment shall be checked for dimensions (length and diameter). The manufacturer shall provide a statement indicating compliance with the purchaser's requirements.

204 Before welding of individual wires, a welding procedure qualification test shall be carried out. The procedure shall comprise tensile testing of the welded joint. The following requirement applies:

— Tensile strength to be min. 40% of the strength of the wires.

205 In addition, for spiral ropes the following apply:

— No welds of finished wire shall be made in the outer layer of the strand without notifying the purchaser.

Guidance note:

Welds in the outer layer shall be made on the basis of mechanical failure and not material defects. If any recurrent material defect is found to be the reason for outer layer failure, then the entire wire should be removed and replaced.

---e-n-d---of---G-u-i-d-a-n-c-e---n-o-t-e---

— No welds of finished wire shall be made within 5 m of the socket in any layer of wires

— No welds of finished wire shall be closer to another weld than 10 lay lengths in any layer of wires.

— In the event of more than two wire breaks requiring welds, occurring within any layer of wires, no further layers of wire shall be applied without a full investigation into the reasons and with the acceptance of the purchaser to continue.

— The positions of all welds of finished wire shall be recorded and reported to the purchaser for acceptance.

— All repairs shall be recorded in the final wire rope documentation.

206 The lubricating/blocking compound shall be applied on each layer of the strand during stranding providing internal lubrication and preventing water intrusion.

B 300 Surface sheathing

301 If sheathing of the wire rope is required by the purchaser, the process shall be carried out in accordance with the accepted Quality Plan.

302 Process controls should include measurements of overall diameter, sheathing thickness and tolerances, and continuous integrity tests.

303 All repairs shall be carried out in accordance with a repair procedure specification which shall be based on manufacturer's previous experience and which has produced appropriate repairs and shown satisfactory service performance over a prolonged period of time.

SECTION 5

MANUFACTURE AND ASSEMBLY OF SOCKETS AND ACCESSORIES

A. General

A 100 Scope

101 This section covers mechanical- and non-destructive tests to be carried out on sockets and pins and general manufacturing requirements to the socketing operation and bending limiter.

A 200 Quality plan

201 Prior to manufacturing a Quality Plan shall be established by the manufacturer and accepted by the purchaser. The Quality Plan shall describe activities to be performed, frequency and type of inspection/tests, criteria to be met as well as give reference to applicable controlling documents.

B. Sockets and Pins

B 100 General

101 Sockets and pins shall be manufactured in accordance

with the assessed and accepted design (see Sec.3).

102 For socket production testing normally one socket from the first production batch shall be sectioned and sample taken as per Figure 1. Additionally, production tests shall be carried out for sockets and pins using test coupons. These test coupons from which test specimens are prepared, shall be of equivalent cross section and be fully representative of the socket and where appropriate, shall not be cut, or partially cut from the socket until heat treatment has been completed. Test material and test specimen shall not be separately heat treated in any way.

103 Test sample for production testing of the pin, shall be cut R/3 from the surface as shown in Figure 2. The longitudinal axis of the test specimens shall be one third radius below the surface. The test sample may also be taken from a prolongation of the pin.

104 Sockets or pins of the same nominal thickness originating from the same heat treatment charge and the same heat of steel, shall be combined into one test unit. Normally, for each test unit one tensile and three Charpy V-notch test specimens shall be taken.

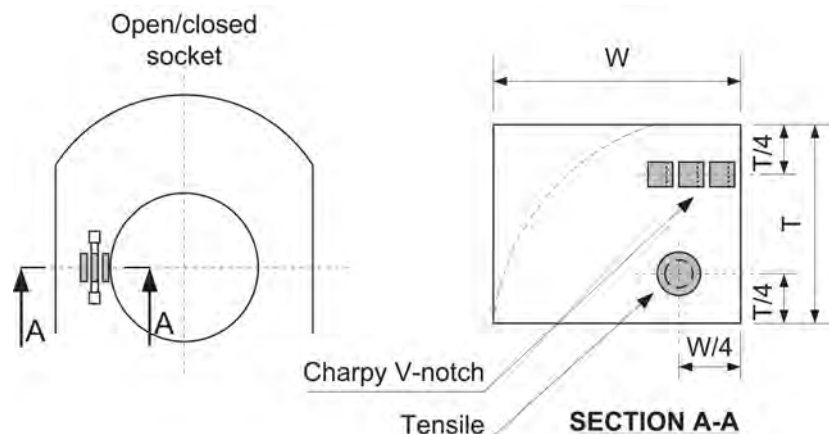


Figure 1
Sampling for mechanical testing of socket

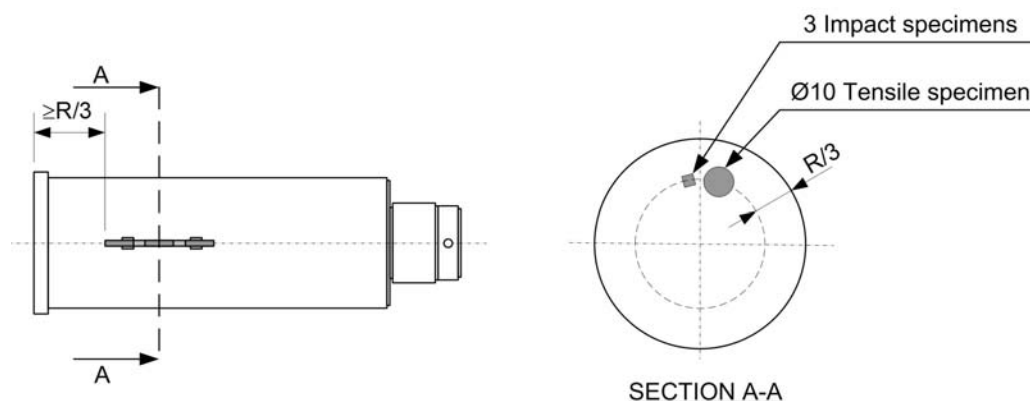


Figure 2
Sampling for mechanical testing of pin

B 200 NDT

201 After heat treatment and machining but before coating (e.g. galvanising) the sockets/pins shall be non-destructively tested.

202 All the sockets/pins shall be 100% visually tested. For castings, the quality of the surface shall be as given in ASTM A703 Item 10.

203 The sockets/pins shall have defined critical areas subject to agreement. All of the sockets/pins shall be examined ultrasonically in critical and non-critical areas in accordance with the standards referred in Sec.2 C500.

204 For castings, ultrasonic indications less than 25 mm apart shall be evaluated as one discontinuity. The ultrasonic acceptance criteria are the following: No planar discontinuities are allowed in any location. In addition, Quality level 1 will be required down to a depth of T/4 from the surface and Quality level 2 for the remainder of the wall thickness. Quality level 3 is required for non-critical areas.

205 For forgings the acceptance criteria shall be in accordance with DNV-OS-302 Ch.2 Sec.1 C600. For duplex stainless steel forgings the acceptance criteria are given in DNV-OS-F101 Appendix D paragraph D500.

206 Specified sockets subject to ultrasonic examination shall in addition, undergo radiographic examination in accordance with ASTM A 703 Supplementary requirements S5. Radiographic examination shall not be confined to critical areas of the casting as defined by design high stress including sharp changes of section and feeder locations, also non-critical areas where there is a high probability of finding sand inclusions, shrinkage cavities etc. shall be examined. Number of sockets to be tested shall be according to Table 2. The acceptance criteria are to be severity level 3, or better, for all imperfection categories except that critical areas are to be subjected to the acceptance criteria of ASME Section VIII, Division 1, Appendix 7.

Table 2 Radiographic examination of sockets

Number of sockets	Frequency
1-19	First and last socket
20-49	First, last and one intermediate socket selected by the purchaser
50-99	First, last and two intermediate sockets selected by the purchaser

207 All the sockets/pins shall be examined 100% by magnetic particle testing or liquid penetrant testing following the standards given in Sec.2 C500. The acceptance criteria for cast sockets shall be in accordance with ASTM E 125, Severity Degree 2 or better for surface indications Type II through V and 3/16 " max. for Type I except that critical areas shall be subjected to the acceptance criteria of ASME Section VIII, Division 1, Appendix 7. For forged sockets, the acceptance criteria shall be in accordance with DNV-OS-302 Ch.2 Sec.2 C700. For duplex stainless steel forgings the acceptance criteria are given in DNV-OS-F101 Appendix D D500.

B 300 Repairs

General

301 Defects on non-machined surfaces may be removed by grinding to a depth of 5% of the nominal thickness. Grinding is not permitted on machined surfaces, except for slight inspection grinding on plane surfaces in order to investigate spurious indications.

302 Where the repair entails removal of more than 5% of the diameter or thickness on castings, the defective area shall be repaired by welding. The excavations shall be suitably shaped to allow good access for welding. The resulting grooves shall

be subsequently ground smooth and complete elimination of the defective material shall be verified by NDT.

303 Weld repairs are classified as major or minor. A weld repair is considered major when the depth of the groove prepared for welding exceeds 25% of the thickness or 25 mm, whichever is smaller. All other weld repairs are considered minor.

304 Major weld repairs require the approval of the purchaser before the repair is commenced. Proposals for major repairs shall be accompanied by sketches or photographs showing the extent and positions of the repairs. A grain refining heat treatment shall be given to the whole casting prior to major repairs.

305 Minor weld repairs must be recorded on sketches or photographs showing the extent and positions of the repairs.

306 All weld repairs shall be done by qualified welders using qualified procedures in accordance with DNV-OS-C401.

307 The welding consumables used shall be of a suitable composition giving a weld deposit with mechanical properties similar to those of the parent castings. Low hydrogen consumables shall be used. Welding consumables shall be stored and handled so as to maintain the hydrogen classification and in accordance with the manufacturer's recommendations.

308 When repair welding is done after the casting has been heat treated for mechanical properties, the repaired casting shall be given a furnace stress relieving or tempering heat treatment as detailed in the qualified procedure.

309 On completion of heat treatment the weld repairs and adjacent material shall be ground smooth. All weld repairs are subject to NDT as required by B200.

B 400 Corrosion protection

401 The sockets shall be protected against corrosion attacks throughout the design life. This shall normally be accomplished by using a combination of coating and anodes.

C. Socketing

C 100 Socketing procedures

101 Socketing procedures shall as a minimum be according to applicable sections of ISO 17558 or equivalent standards. Socketing shall be performed by personnel qualified by the manufacturer and carried out in compliance with procedures and check lists worked out by the manufacturer and evaluated and accepted by the purchaser. Such procedures should as a minimum include:

- minimum bending radius of rope during handling
- control of even distribution of individual wires at rope termination prior to socket pouring
- determination of tolerances for angular and parallel offsets of rope and socket axis
- control of angularity and parallelism of rope and socket axis before casting of resin (i.e. position of socket related to rope).

C 200 Verification of properties

201 Verification of the compressive strength and modulus of elasticity of the socketing compound shall be addressed using ISO 604. The test samples shall be 40 mm cubes cast in multi-cavity moulds. The resin cubes shall be post cured at 80°C for two hours prior to testing.

202 For each socket pour a minimum sampling of six cubes shall be taken during the pouring process. One of these cubes shall be used to determine the Barcol hardness (EN 59) and the specific gravity of the mix (Note: Different sample sizes may be used for the Barcol test only e.g. 70 mm cube or 70 mm diameter disc.) The remaining five cubes can be used to deter-

mine the compressive strength and compressive modulus. As a minimum, however, values for compressive strength and compressive modulus shall be established for the first three socket pours, the middle three socket pours and the near final three socket pours. The results shall comply with the properties specified in Sec.2 D100. Samples not tested shall be stored for a period to be agreed between the manufacturer and purchaser

D. Bend Stiffener

D 100 General

101 If bend stiffeners are required by the purchaser, they shall be manufactured in accordance with the accepted Quality Plan.

SECTION 6

TESTS OF STEEL WIRE ROPE INTENDED FOR LONG TERM MOORING

A. General

A 100 Scope

101 This section covers requirements to testing of wire ropes intended for long term mooring in order to determine that the minimum certified breaking load of the wire rope has been equalised.

A 200 Description of tests

201 The tests shall be carried out according to recognised standard such as ISO 3108 or equivalent.

202 The type of tests required are described in Sec.3 B200 and C200. Normally, the following 3 tests shall be performed:

- one modulus/load to MBL test assembly (test sockets may be used on each end)
- one open socket production type test assembly
- one closed socket production type test assembly.

203 Regarding the production type test assemblies, the rope samples shall be fitted in one end with a socket identical to the approved design and using the same methods, procedures and materials as those used to produce the rope/socket connection for in-service use.

204 The number of tests may be reduced to 2 if the modulus/load to MBL test is combined with one of the production type test assemblies.

205 In the event that all of the sockets are of the same type (open or closed), a minimum of two tests from different manufactures, shall be required one of which shall be a type test.

206 In the case of only a small number of wire ropes (≤ 3) to be delivered, the number of tests may be reduced to one by agreement.

207 Test acceptance criteria are given in Sec.3 B200 (wire rope) and C200 (socket).

SECTION 7

TESTS OF STEEL WIRE ROPE INTENDED FOR MOBILE MOORING AND TOWING

A. General

A 100 Scope

101 This section covers requirements to testing of wire ropes intended for mobile mooring and towing in order to determine that the minimum certified breaking load of the wire rope has been achieved

A 200 Description of tests

201 Every manufactured length of wire rope shall be subjected to a breaking load test. However, in the case that the manufactured lengths are produced on the same machine with the same machine settings, according to the same wire rope design and by using wires to the same wire specification, the number of break load tests may be reduced after special consideration and in agreement with the Purchaser

202 The breaking load shall be determined by testing to destruction a sample cut from the finished wire rope. The test length shall be taken as at least 30 times the rope diameter between the grips. The actual breaking load shall not be less than given in Table 4 for the dimension concerned. For other

wire rope constructions and/or diameters the breaking load shall be in accordance with the requirements of a recognised national or international standard subject to agreement.

203 If facilities are not available for pulling the complete section of six strands ropes to destruction, the breaking load may be determined by testing separately 10% of all wires from each strand. The breaking load of the rope is then considered to be:

$$S_{mbs} = f \cdot t \cdot k_1 \text{ (kN)}$$

f = average breaking load of one wire (kN)

t = total number of wires

k_1 = lay factor as given in Table 3.

Table 3 Lay factor k_1		
Rope construction group	Rope with FC	Rope with IWRC
6 × 19	0.86	0.80
6 × 36	0.84	0.78

Table 4 Test loads and masses for six strand steel wire ropes

Rope with fibre core (FC)				
Construction groups	Nominal diameter (mm)	Minimum required breaking strength in kN		Approximate mass (kg/100 m)
		1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	
6 × 19 group	24	299	337	214
	26	351	396	251
	28	407	459	291
	30	468	527	334
6 × 19 group and 6 × 36 group	32	530	598	380
	36	671	757	480
	40	829	934	593
	44	1 000	1 130	718
	48	1 190	1 350	854
	52	1 400	1 580	1 000
	56	1 620	1 830	1 160
	60	1 860	2 100	1 330
Rope with independent wire-rope core (IWRC)				

Table 4 Test loads and masses for six strand steel wire ropes (Continued)				
<i>Rope with fibre core (FC)</i>				
Construction groups	Nominal diameter (mm)	Minimum required breaking strength (kN)		Approximate mass (kg/100 m)
		1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	
6 × 19 group	24	323	364	241
	26	379	428	283
	28	440	496	328
	30	505	569	376
6 × 19 group and 6 × 36 group	32	573	646	428
	36	725	817	542
	40	895	1 010	669
	44	1 080	1 220	810
	48	1 290	1 450	964
	52	1 510	1 710	1 130
	56	1 750	1 980	1 310
	60	2 010	2 270	1 510
	64	2 290	2 580	1 710
	68	2 590	2 920	1 930
6 × 36 group	72	2 900	3 270	2 170
	76	3 230	3 640	2 420
	80	3 580	4 040	2 680
	84	3 950	4 450	2 950
	88	4 330	4 880	3 240
	92	4 730	5 340	3 540
	96	5 160	5 810	3 850
	100	5 590	6 310	4 180
	104	6 050	6 820	4 520
	108	6 520	7 360	4 880
	112	7 020	7 910	5 250
	116	7 530	8 490	5 630
	120	8 060	9 080	6 020
	124	8 600	9 700	6 430
	128	9 170	10 330	6 850

SECTION 8 IDENTIFICATION AND RECORDS

A. General

A 100 Identification

101 All parts shall be clearly marked and identifiable to ease quality control, handling, assembly and installation.

102 Each wire rope segment shall be marked at each end with a unique identifier traceable to appropriate certification.

A 200 Records

201 The socket manufacturer shall maintain traceable records of the following and present them to the purchaser on request:

- steelmaking process and chemical composition
- heat treatment
- mechanical testing

- inspection
- repair.

202 Each wire rope segment shall be supplied with one certificate. The certificate should refer to the following:

- purchase order No.
- design verification reports
- sheathing process reports (if relevant)
- 3.2 Inspection Certificates for the sockets including the resin
- 3.2 Inspection Certificates for the individual wires.

203 In addition the certificate should contain the wire rope construction and rope built up and a statement saying that the wire rope has been manufactured and inspected and found to be in accordance with this standard.



OFFSHORE MOORING STEEL WIRE ROPES

CHAPTER 3

CERTIFICATION AND CLASSIFICATION

CONTENTS	PAGE
Sec. 1 Certification and Classification - Requirements	29

SECTION 1

CERTIFICATION AND CLASSIFICATION - REQUIREMENTS

A. General

A 100 Introduction

101 As well as representing DNV's recommendations on safe engineering practice for general use by the offshore industry, the offshore standards also provide the technical basis for DNV classification, certification and verification services.

102 A complete description of principles, procedures, applicable class notations and technical basis for offshore classification is given by the DNV Offshore Service Specifications for classification, see Table A1.

Table A1 DNV Offshore Service Specifications

No.	Title
DNV-OSS-101	Rules for Classification of Offshore Drilling and Support Units
DNV-OSS-102	Rules for Classification of Floating Production and Storage Units

A 200 Certification and classification principles

201 Mooring steel wire ropes and sockets will be certified or classified based on the following main activities:

- design verification
- approval of manufacturers
- survey during manufacture.

A 300 Assumptions

301 Any deviations, exceptions and modifications to the design codes and standards given as recognised reference codes shall be documented and approved by DNV.

302 Aspects of the design and construction provisions of this standard which are stated to be specially considered, agreed upon, or may be accepted, are subject to DNV approval when the standard is used for classification purposes.

303 DNV may accept alternative solutions found to represent an overall safety level equivalent to that stated in the requirements of this standard.

A 400 Documentation requirements

401 Documentation requirements shall be in accordance with the NPS DocReq (DNV Nauticus Production System for documentation requirements) and DNV-RP-A201.

B. Certification and Classification Requirements

B 100 General

101 The following requirements shall be applied in conjunction with the technical requirements in Ch.2 of this standard when used for certification or classification purposes.

B 200 Information to be supplied by the purchaser

201 The purchaser shall supply the manufacturer with all information necessary to ensure correct material and certification. This applies particularly where optional or additional conditions are specified.

B 300 Design verification

301 Mooring steel wire ropes and sockets shall be designed according to requirements given in Ch.2 Sec.3. Where designs

differ from this, the drawings and calculations shall be submitted to DNV for approval.

Guidance note:

Design requirements are given in DNV-OS-E301.

---e-n-d---of---G-u-i-d-a-n-c-e---n-o-t-e---

302 Design approval shall be documented by design verification report (DVR), type approval certificate or approval letter.

B 400 Approval of manufacturers

401 Steel wire ropes and sockets shall be manufactured at works which have been approved by DNV. Approved manufacturers are published on DNV Exchange on the Internet.

402 In order to be approved, the manufacturer shall demonstrate and submit documentation to the effect that the necessary manufacturing, testing and inspection facilities and procedures are available and are supervised by qualified personnel. The manufacturer shall also carry out a test programme and submit the results.

403 Detailed programmes for approval are given in Standards for Certification No.2.9.

B 500 Survey during manufacture

501 Survey during manufacture of mooring steel wire ropes and sockets shall be based on attending tests and inspections, monitoring manufacturing, and review of records.

B 600 Certification of sockets

601 Sockets shall be delivered with DNV certificates giving the following particulars for each test unit which has been accepted:

- purchaser's name, order number and unit identification, where known
- manufacturer's name
- number and dimensions of sockets
- identification marking of sockets
- heat number and chemical composition
- results of mechanical tests
- details of heat treatment of test material
- results of any supplementary and additional test requirements specified.

B 700 Certification of mooring steel wire ropes

701 Mooring steel wire ropes shall be delivered with DNV certificates giving the following particulars for each test unit which has been accepted:

- purchaser's name, order number and unit identification, where known
- manufacturer's name
- description of products and dimensions
- type of wire rope construction and method of manufacture
- surface sheathing (if relevant)
- identification marking
- results of break load test and mechanical tests
- confirmation of dimensional measurements and inspections

702 Materials for wires shall be delivered with the manufacturer's certificates or test reports.

